

# 積雪期の北海道において色彩の知覚色が変化する事例に関する現地計測と室内実験に基づく考察

笠間 聡<sup>1</sup>・福島 宏文<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 地域景観チーム  
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34, E-mail: kasama@ceri.go.jp)

<sup>2</sup>正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 地域景観チーム  
(〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34, E-mail: fukushima-h2ym@ceri.go.jp)

積雪期の北海道において、構造物の色彩が本来の色とは異なる色彩に知覚される事例に複数回遭遇している。これには人間の持つ視知覚特性のうち、色の恒常性と呼ばれる知覚色の補正機能が影響している可能性がある。本研究では、実際の積雪面の色度あるいは色温度に関する現地計測結果と、これを踏まえて行った調光調色が可能なLED電球を用いた室内実験の結果から、そのような色彩知覚現象の要因に関して考察を行った。このことから、天空光を主に受けて相関色温度の高い白色に発色する積雪面を基準として視野中の知覚色が補正されることにより、相対的に色温度の低い直射光を受けて発色する構造物の色彩が、本来の色彩よりも黄色み・赤みを持った色彩に知覚される可能性について指摘した。

**キーワード:** 色彩, 知覚, 色の恒常性, 色彩検討, 景観設計

## 1. 研究の背景

屋外環境における色彩の見え方、認知のメカニズム、色彩認知の傾向について理解を深めることは、色彩検討・色彩設計の精度向上を図るうえで必要不可欠である。景観デザインの分野では、計画中の構造物の置かれる環境や利用者からの視認され方をさまざまに検討した上で、当該の環境に調和するように色彩を決定する。

色彩検討にあたっては一般的に、コンピュータシミュレーション (CG またはフォトモンタージュ) や色見本、モックアップなどが使われる。コンピュータシミュレーションについては近年技術の進展により、現実と見間違えうほどの質感のコンピュータグラフィックスを机上で生成することも容易になったが、現実の環境を厳格にコンピュータ上に移植して再現し、コンピュータシミュレーションと合成することはいまだ困難である。一方の色見本やモックアップについては、現地の現場に設置して設計者が観察することを前提としているが、設計者が 24 時間 365 日現場でこれを観察することは困難であり、限られた気候・季節・日射などの条件下での限られた回数での観察からこれを判断することが求められる。質の高い定点観測カメラシステムの導入などがこれを解決する可能性はあるが、長時間長期間にわたる観察が前提となり、これが可能な現場は限られると見込まれる。

したがって、いくつかの制約のある中で、可能な範囲

での色彩シミュレーションを行い、その結果から最善と考えられる色彩を推断し決定するというプロセスが、色彩検討の現場では求められる。この限られた条件下での色彩シミュレーションをベースに、その他の条件下での色彩の見え方も類推して色彩を決定するという手続きにあたり、冒頭に述べたように、屋外環境における色彩の見え方、色彩認知の傾向について理解を深めることが、色彩検討・色彩設計の精度向上を図るうえで必要不可欠と考える。

## 2. 本研究の目的

### (1) 構造物の色彩の知覚色が変化する事例

これに関して筆者らは、北海道において観察された 1 つの色彩知覚の現象 (写真-1, 写真-2) をモデルケースに、一連の研究に取り組んでいる。

写真-1 は、旭川市内 (北彩都地区, 北海道道 98 号旭川多度志線のうち、北彩都橋および氷点橋周辺の区間) に設置された照明柱の色彩であり、色票を用いた視感測色によりマンセル値 7.5BG62 程度 (灰みの青緑<sup>9)</sup>) と把握されている。しかしながら、日時を変えて来訪するたびに、写真-1 のような爽やかな青みがかった色彩とは異なり、写真-2 (左・中央) に一例を示すような緑みの強い色や、黄色みがかった鈍い色に知覚されることがたび

たびあった。一方で、同様の積雪の時期であっても、写真2(右)のように写真1の時と同様の青らしい青として知覚されることもある。

また、写真3(上)は我々の寒地土木研究所の建物の屋上にあるステンレスシート防水屋根を撮影したものであるが、ステンレス板の雪面上に飛び出た部分(ステンレスシート板の溶接接合部分)が帯のようにベージュ色がかって見えている。一方の写真3(下)は、同日に日射が雲によって遮られた時間帯に、少し方向を違えて撮影したものであるが、こちらでは正しくステンレス由来の金属色に見えている。このように本来は無彩色に近い色彩であるはずの金属部材が、なんらかの理由により写真3(上)のような黄赤みがかった色彩に知覚されたのである。

なお、写真はいずれも Sony 社製のデジタルカメラ DSC-RX100M3 を使って撮影したもので、ホワイトバランス補正の設定はカメラの自動補正アルゴリズム任せのオートである。いずれの写真も現場で目視したときの色彩感覚と大きなズレがないことを画面上で確認している。



2022年12月5日 13:28 撮影、薄曇り(日射あり)



2022年12月5日 13:28 撮影、薄曇り(日射なし)

写真3 ステンレス防水屋根の溶接接合部分の色の見えの変化(寒地土木研究所本館低層部屋上)

## (2) 関連する研究

これらのうちの写真2の現象を踏まえ試行的に調査分析を行った結果が、過去にこの研究発表会で発表した論文<sup>2)</sup>である。ここでは、このような自然光下における物



写真1 道路構造物の色彩とその見え方の一例(旭川市北彩都地区) 2018年5月22日 14:06

体色の知覚の違いの要因を、角柱や円柱などの形状の構造物には直射日光を受ける日向の面と、陰となる直射日光を受けない面とがあってそれぞれに発色の異なる状態にあるものを、構造物全体として1つの色彩として認知しようとする際に起こる認知判断プロセスの影響と仮定して、簡易な色彩サンプルを用いた実験を行った。この調査実験自体は試行的なもので、この結果をもとに、より精緻な調査実験を行う予定であったが、一方でその後新しく発見したのが写真3の現象である。同一色彩の構造物の日射部分と日陰部分という上述の論文の考え方は、これは説明できない。

## (3) 仮説

人間の視知覚にはデジタルカメラのオートホワイトバランス補正に近い調整機能・推測機能があり、白熱灯のような若干の黄色みを帯びた光と、効率重視の蛍光灯や



2016年3月17日 15:28  
晴れ、ほぼ順光、太陽高度 約22°



2019年1月11日 8:23  
晴れ、ほぼ順光、太陽高度 約11°



2019年1月11日 12:06  
晴れ、斜光、太陽高度 約24°

写真2 照明柱の色彩が変化して見える事例の一例(写真1の照明柱・信号柱と同色, 7.5BG62程度)

LEDのような若干の青みを帯びた光、いずれの光源に照らされた場合でも（極端な環境下でなければ）、視知覚が順応して光源の影響を排除あるいは軽減して色彩を認知することができる。これを「色の恒常性」と呼ぶ<sup>9)</sup>。

また一方で、屋外の自然光環境には、太陽からの太陽光に由来する3種に大別される光源があって、①直射日光、②天空(散乱)光、③地物反射光である<sup>9)</sup>。太陽光のうち青みを帯びた光の成分は、大気を通過するに伴い散乱しやすく、これにより直射日光は大気の通過距離に応じて黄色みや赤みを帯び、夕方など太陽高度の低いときに顕著である。一方、青みを帯びた散乱光成分は、太陽とは異なる方向から地表に降り注ぐことになり、これにより空は青く見えることになる。

先の写真3は、冬至近くの12月の北海道の昼下がりの頃で、太陽高度は相当に低い（おおよそ18°と計算される<sup>9)</sup>）。このため、太陽の方向を向いた鉛直面は直射日光を正面から強く受けることになるが、天頂を向いた水平面に当たる直射日光の垂直成分はこれよりだいぶ弱い。これによりもし、写真3の環境を視認した観測者において、視野の大部分を占める屋根上の積雪面（天空光の影響を比較的強く受け、青みがかった発色をしていると考えられる）を基準に視野内の物体色の判別をしたとすれば、懸案のステンレスの立ち上がり面（黄色みがかった直射日光を正面から浴びる）が、本来の色彩よりも大きく黄色みがかって認知されることも十分にあり得ることと考えられる。写真2左・中央にて確認された照明柱の色彩の知覚の変化についても、同じ考え方で現象が説明できる可能性がある。

#### (4) 本研究の目的と概要

そこで本研究では、実際の積雪面の色度あるいは色温度に関する現地計測と、調光調色が可能なLED電球を用いた室内実験を行い、これらの結果から、(3)で述べた仮説の考察と検証を試みることにした。

### 3. 積雪面の色度の現地計測調査

太陽高度が低い環境かつ地表が積雪で覆われた環境を対象に、一般的には均質な白色面として捉えられる積雪面について、実際の色度の計測を行った。計測の結果については、別途報告<sup>6)</sup>を行っているので、ここでは概要のみ記述する。

#### (1) 計測調査の方法

観測対象の近傍に遮蔽物やその他の地物がほとんどない、開けた平地（雪原）のような環境をモデルとし、屋外における太陽光の3成分のうち、直射日光と天空光の

み（残る1成分は地物反射光）により構成されるとみなせる屋外の光環境を対象に、積雪表面や標準白色板などの発色の傾向についての試行的な計測調査を行ったものである。

筆者らのオフィスに近く、周辺環境の影響を受けにくい積雪面が保存されている場所として、札幌市豊平区の寒地土木研究所の第3実験棟屋上（4階相当）を計測調査のフィールドとし、写真4および図-1のように計測環境を設けた。すなわち、10m四方程度の積雪面において、その中央に計測対象とする積雪面を用意し、その周囲おおよそ3m程度の距離に計測機器を設置して積雪面等の色度を計測した。計測は、計測時の太陽の方角を基準として、西まわりに30°、90°、150°の方向からそれぞれ行うこととし（図-1）、計測は南中前後（太陽高度30°程度）と、太陽高度がその半分となる15°前後の頃の2回実施した（表-1）。計測は、降雪の翌日など新雪の積雪面が期待できる日において、かつ太陽の方向に雲や霞がなく快晴に近いと認められる日を候補としたため、筆者の都合も考慮すると、2023年から2024年にかけての一冬季において、計測実験ができたのは表-1の2024年2月5日の1日だけであった。

色度の計測対象は、写真4に示す、前夜に降雪したままの積雪面である「新雪」面と、それをショベルにより静かに叩いて圧雪とした「圧雪」面、対照として別途設



写真4 計測調査フィールドの概要(全景)

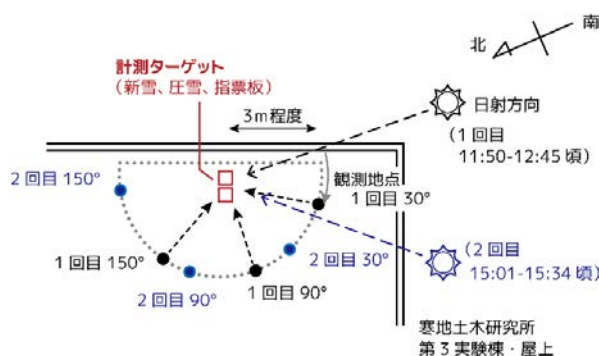


図-1 計測調査フィールドの概要(配置図)

置した「指標板」(色彩輝度計の校正用、コニカミノルタ社CS-A20)の3種である。また、写真4に示す水平な積雪面のほかに、写真5に示す斜度50°程度の傾斜積雪面を「新雪」と「圧雪」の2種類用意し、これも計測対象とした。またこれらのうち、計測対象が直射日光を受けるケースでは、同じく計測対象から3m程度の位置にて遮蔽板を掲げて直射日光を遮蔽し、日影環境下とした場合の計測も併せて行った。なお遮蔽板には、300mm×500mm程度の大きさの黒色の樹脂板(文房具を流用)を用いた。

計測は、コニカミノルタ社の色彩輝度計(CS-200)を用いて行い、相関色温度T(K)と輝度L(Cd/m<sup>2</sup>)で記録を行った。

## (2) 計測結果

これらの計測調査の結果が図-2(正午頃、太陽高度30°前後)および図-3(同日15時頃、太陽高度15°前後)である。ここでは、写真4の平面の積雪面の計測結果を丸プロット、写真5の斜面の計測結果を三角プロット

ト、計測面に直射日光の当たるケースを塗りつぶしプロット、日陰面あるいは直射日光遮蔽にて計測したケースを白抜きプロットで示している。また、新雪積雪面の計測結果を青、圧雪積雪面の計測結果を緑、指標板の計測結果を黄色で示している。

これにより得られた知見のうち、特筆すべきものをまとめると次節のとおりである。

## (3) 得られた知見と考察

直射日光を受けない積雪面は、天空光を主に受け、色温度12,000K~16,000Kの色温度の高い白色として発色している。一方、天空光に加えて直射日光も受ける日射積雪面ではおおむね6,200K程度以下となる。

太陽との観測角度が30°(太陽を背後に背負って計測、順光方向)と、150°(太陽の方向を向いて計測、逆光方向)とでは、150°のケースのほうが積雪面の輝度は高く、色温度は低く計測された。特に太陽高度が15°の場合に顕著で、色温度は1,000K近く低下し、5,200~5,400K程度となる。この傾向は新雪積雪面より圧雪積

表-1 計測調査の実施概要

観測日	2024.2.5			
観測地	寒地土木研究所 第3実験棟 屋上			
経緯度	北緯43.0407° 東経141.3603°			
南中時*	11:48 太陽高度30.9°			
計測		1回目 南中前後	2回目 高度半分	3回目 日没直前
時刻	計測開始	11:50	15:01	16:21
	計測終了	12:45	15:34	-
太陽高度*	計測開始	30.9°	16.3°	4.4°
	計測終了	29.5°	11.6°	-
	中央値	30.2°	14.0°	-
太陽方位*	計測開始	0.4°西	48.2°西	63.4°西
	計測終了	15.6°西	54.8°西	-
	中央値	8.0°西	51.5°西	-
天候		快晴	快晴	快晴
		曇量0	曇量0	曇量0
		霞みなし	霞みなし	霞みなし

..表中\*は、国立天文台ウェブサイト<sup>5)</sup>の計算結果による



写真5 計測ターゲットとして作成した傾斜積雪面(左:新雪、右:圧雪)

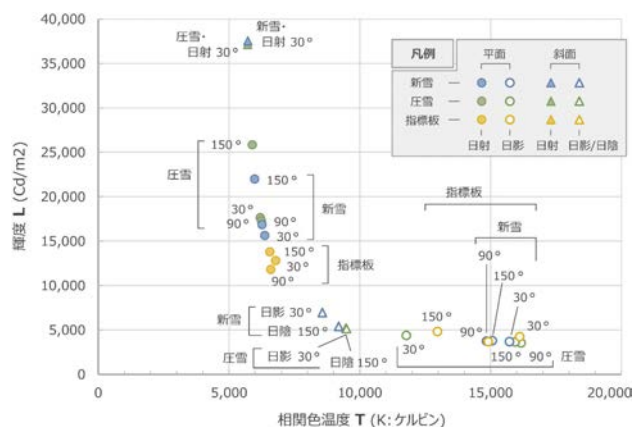


図-2 計測結果(相関色温度および輝度)1回目(太陽高度30°程度、快晴)

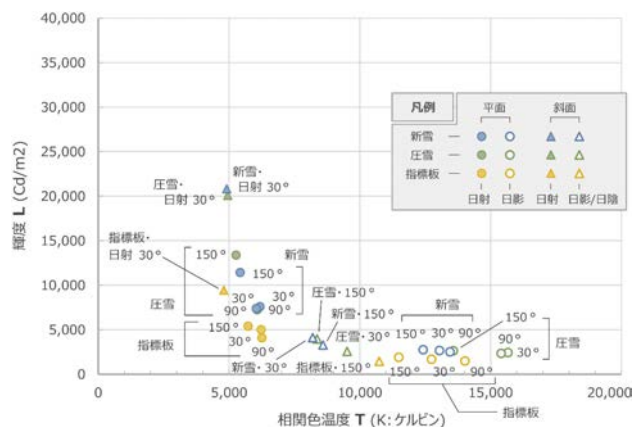


図-3 計測結果(相関色温度および輝度)2回目(太陽高度15°程度、快晴)

雪面でさらに顕著であり、指標板の計測結果と比較しても、直射日光の正反射の影響が読み取れる。

これらの結果から例えば、太陽高度 15° のときに圧雪積雪面を順光方向に眺めた場合の色温度は6,200K程度である一方、その積雪面上に垂直な構造物（壁面や照明柱など）が設置されていたとすると、その構造物は積雪面からの反射光（色温度 5,200K 程度、観測角度 15° のケースより）と直射日光（本調査では、直射日光自体の色温度は計測できていないが、文献等<sup>7)</sup>によると 4,000～5,000K 前後と推測される）を受けて発色することになり、これらの合成光は積雪面の色温度よりも1,000K以上、ともすると2,000K前後も低い色温度の光源となっているはずである。

したがって、我々の視知覚がもし、この積雪面の色温度を基準にその周囲の構造物の色彩を評価しようとするのだとすると、そこでは光源色の大きな乖離が発生した状態で色彩の認知・評価がされている可能性がある。

#### 4. 複数光源下での色彩知覚に関する室内実験

この3章の結果も踏まえ企画したのがもう1つの実験で、外光を遮蔽した卓上サイズの暗室状の評価ボックス内に白い紙を敷き詰め、この内部を天空光に類似した色温度の高い拡散光で照明した上で、色彩評価対象の物体（色彩評価サンプル）をこのボックス内に設置し、これをさらに直射日光に類似した相対的に色温度の低い直射光で照明し、この環境下で評価サンプルの色彩を被験者に評価してもらったものである。

##### (1) 実験の準備

図4に評価ボックス内の構成の概略図を示す。

家庭用の調光調色型のLED電球を3個用いて、うち2個（拡散グローブ型電球、天空光相当）でボックス内を柔らかく照明し、もう1個（ビーム型電球、直射光相当）を色彩評価用サンプルに照射しており、ボックス内の状況の一例は写真6のとおりである。

このうち天空光相当の2個のLED電球は、相関色温度6,500～6,700K程度に調光調色して点灯させ（輝度計にてLED電球のグローブ部分を計測）、この2灯を点灯した状態でベースとなるケント紙の相関色温度を計測するとT=6,061K、 $\Delta uv=+0.0014$ （輝度計による9点計測の平均値）であった。一方の直射光相当のLED電球は、相関色温度4,200K程度に調光調色して点灯させ（光源色の計測方法は同上）、照射位置は評価用サンプルの設置位置を中心に、評価ボックスの外壁に設けた観察用のぞき穴から左手に90°の位置とした。なお、天空光相当のLED電球のみを点灯した状態でのベースとなるケント紙の相関

色温度は上述のとおりであるが、直射光相当のLED電球も点灯した状態では図5のとおりとなる。図2および図3の計測結果を踏まえると、直射光相当のLED電球も点灯した上で、地表面に相当するベース面の相関色温度が6,000～6,200K程度になってほしいところであるが、家庭用の白色LED電球では実現が困難であるためここでは前述の状況の厳密な再現はあきらめることとした。

他方、評価用サンプルには、円柱形上のもの（φ70mm × H220mm）、角柱形状のもの（□50mm ×

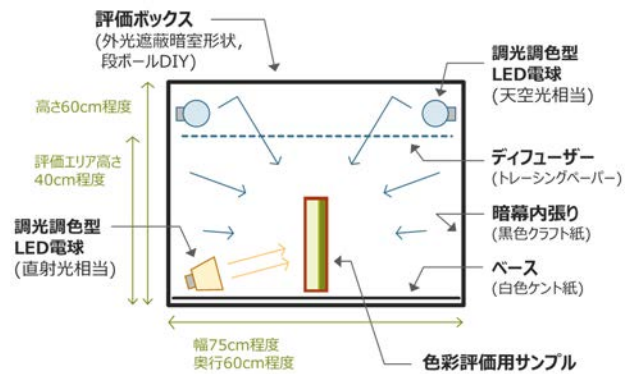


図4 室内実験の方法の概略模式図

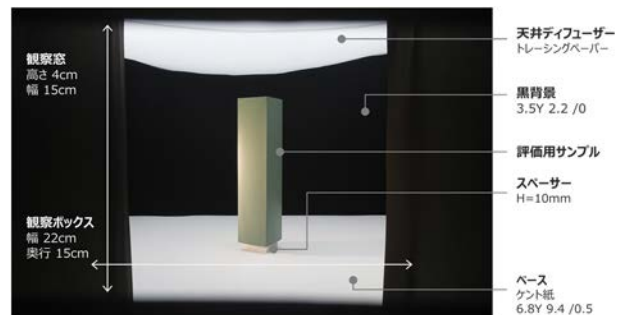


写真6 評価ボックス内の状況と被験者からの評価用サンプルの見え方の一例



図5 評価用ボックス床面の相関色温度の計測結果（天空光相当および直射光相当のLED電球点灯時）

H220mm), 平板形状のもの (W100mm×H220mm) の3種類を用い(写真-7), それぞれ図-6 のとおり評価用ボックス内に角度をつけて設置することとした. サンプル表面には市販のカラーカットシートを貼り付け, 色彩はダークグレー (N3.5程度, 色彩計 CR-20による厳密な計測結果は写真-7に付記したとおり, 以下同), グレー (N5程度), グリーングレー (10GY5/2程度), ブルーグレー (2.5B5/2程度) の4種類である.

## (2) 実験の方法

実験のながれを図-7に示す.

評価対象とするサンプルは, 前述の3形状×4色の計12体であるが, 評価用ボックスでの評価を行う前には, 視細胞系が色順応に要するとされる時間<sup>89)</sup>を考慮して, 評価サンプルの入っていない空の評価ボックス内を2分間漠然と眺めたのちに評価を行うこととした. また, 各評価サンプルに対する知覚色の評価は, 被験者に表-2に示す各設問を口頭で尋ねることにより回収した. これらの設問は, マンセル表色系でいう色相・明度・彩度の3スケールに基づきこれらを個別に尋ねることとしたもので, 評価用ボックス内での知覚色の絶対的な評価のほか, あらかじめ北天光採光の実験室の窓際でカラーサンプル(テストピース: W75mm×H220mm, 写真-7の上方に写っているもの)の見た目の色について表-2の設問に基づき評価をしてもらった上で, その際の色彩感覚を基準とした相対的な評価も尋ねた.

## (3) 被験者による「見た目の色」の評価結果

被験者は現在までのところ, 男女1名ずつの2名で, いずれも色彩工学に関する特別の教育は受けていない. 実験前に, マンセル表色系の色相・明度・彩度の考え方をあらかじめレクチャーした上で, 色彩の知覚色の評価を行ってもらった.

ここでは, 被験者2名のうち, 被験者A(女性)の評価結果について表-3に示す.

### a) 被験者Aの評価結果

表-3からは, 各評価サンプルの評価前に行った, 北窓昼光環境下でのテストピースの評価結果は, 各色素材の色彩計での計測結果(写真-7に付記)とおおむね傾向として合致しており, 評価結果に不自然な点は見受けられない.

サンプル3(平板形状)の評価結果のうち, 相対評価の結果に着目すると, いずれの色彩でも北窓昼光下での評価に比べて, 「黄色み/赤みがかって見える」と評価される傾向が強く, 特に色彩1(グリーングレー)と色彩3(ライトグレー)の場合に顕著である. 特に色彩1の場合は, 相対的な鮮やかさの評価も大きく低下しており, 北窓昼光下での色彩との知覚とは大きく異なる知覚

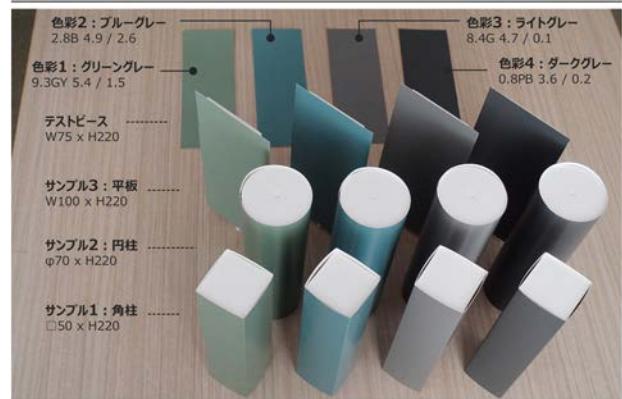


写真-7 評価用サンプルの一覧

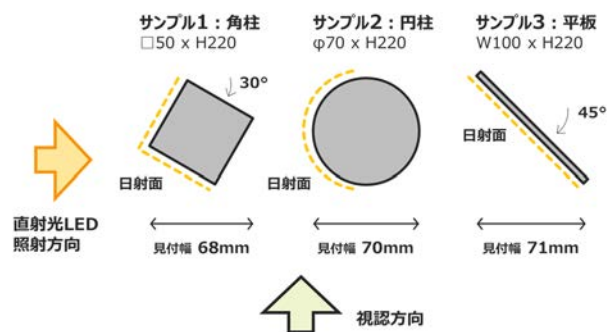


図-6 評価ボックス内での各サンプルの設置方法

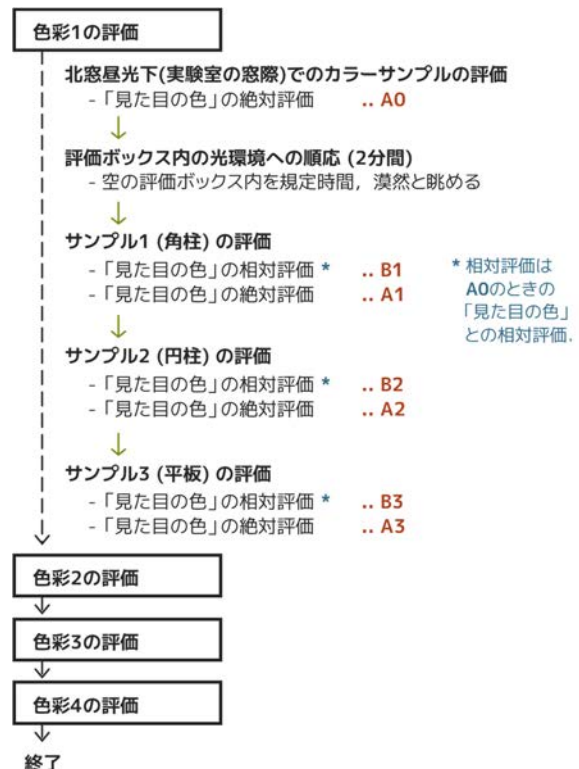


図-7 実験のながれ

色と評価されている。サンプル3の「明るさ」の評価については、北窓昼光下での評価よりも「明るく見える」とする評価が多いが、サンプル表面での光沢により直射光電球の反射が生じた影響と、評価ボックス背面の黒幕との対比の影響と両方が考えられ、判然とできない。絶対評価の結果については、おおむね相対評価の結果と合

致する傾向で、色彩1（グリーングレー）のサンプルは、色相について「黄色寄りの黄緑」と評価されている。

サンプル1（角柱）およびサンプル2（円柱）の知覚色の評価結果は、相対評価・絶対評価ともにおおむねサンプル3（平板）で示された傾向と一致しているが、色彩1（グリーングレー）のサンプル2（円柱）の評価結

表-2 「見た目の色」の聞き取りのための設問の一覧(評価方法)

A. 各色絶対評価： 今見ているサンプルの「見た目の色」について教えてください。																							
1. 見た目の色の 明るさ	<table border="1"> <tr> <td>暗い ←</td> <td>中くらい</td> <td>→</td> <td>明るい</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>かなり</td> <td>少し</td> <td></td> <td>少し</td> <td>かなり</td> </tr> </table> .. 9段階	暗い ←	中くらい	→	明るい		1	2	3	4	5	かなり	少し		少し	かなり							
暗い ←	中くらい	→	明るい																				
1	2	3	4	5																			
かなり	少し		少し	かなり																			
2. 見た目の色の 鮮やかさ	<table border="1"> <tr> <td>(鈍い)</td> <td>(中くらい)</td> <td>→</td> <td>鮮やか</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>まったくない</td> <td>少し</td> <td>そこそこ</td> <td>だいぶ</td> <td>かなり</td> </tr> </table> .. 9段階	(鈍い)	(中くらい)	→	鮮やか		1	2	3	4	5	まったくない	少し	そこそこ	だいぶ	かなり							
(鈍い)	(中くらい)	→	鮮やか																				
1	2	3	4	5																			
まったくない	少し	そこそこ	だいぶ	かなり																			
3. 見た目の色の 色合い	<table border="1"> <tr> <td>(赤紫)</td> <td>赤</td> <td>黄赤</td> <td>黄</td> <td>黄緑</td> <td>緑</td> <td>青緑</td> <td>青</td> <td>青紫</td> <td>紫</td> <td>赤紫</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> </table> .. 20段階	(赤紫)	赤	黄赤	黄	黄緑	緑	青緑	青	青紫	紫	赤紫	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(赤紫)	赤	黄赤	黄	黄緑	緑	青緑	青	青紫	紫	赤紫													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
B. 各色相対評価： 今見ているサンプルの「見た目の色」は、先ほどのカラーサンプルに比べて、どのように違いますか？																							
1. 見た目の色の 色合い	<table border="1"> <tr> <td>黄色っぽい or 赤っぽい ←</td> <td>変わらない</td> <td>→</td> <td>青っぽい</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>かなり</td> <td>少し</td> <td></td> <td>少し</td> <td>かなり</td> </tr> </table> .. 9段階	黄色っぽい or 赤っぽい ←	変わらない	→	青っぽい		1	2	3	4	5	かなり	少し		少し	かなり							
黄色っぽい or 赤っぽい ←	変わらない	→	青っぽい																				
1	2	3	4	5																			
かなり	少し		少し	かなり																			
2. 見た目の色の 鮮やかさ	<table border="1"> <tr> <td>鈍い ←</td> <td>変わらない</td> <td>→</td> <td>鮮やか</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>かなり</td> <td>少し</td> <td></td> <td>少し</td> <td>かなり</td> </tr> </table> .. 9段階	鈍い ←	変わらない	→	鮮やか		1	2	3	4	5	かなり	少し		少し	かなり							
鈍い ←	変わらない	→	鮮やか																				
1	2	3	4	5																			
かなり	少し		少し	かなり																			
3. 見た目の色の 明るさ	<table border="1"> <tr> <td>暗い ←</td> <td>変わらない</td> <td>→</td> <td>明るい</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>かなり</td> <td>少し</td> <td></td> <td>少し</td> <td>かなり</td> </tr> </table> .. 9段階	暗い ←	変わらない	→	明るい		1	2	3	4	5	かなり	少し		少し	かなり							
暗い ←	変わらない	→	明るい																				
1	2	3	4	5																			
かなり	少し		少し	かなり																			

表-3 被験者 A による「見た目の色」の評価結果の一覧

	テストピース	サンプル1	サンプル2	サンプル3	色彩1：グリーングレー			
					北窓昼光	角柱	円柱	平板
相対	色相	1:黄色み/赤み	5:青み	-	1	4	1	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	-	2	2	1	
	明度	1:暗い	5:明るい	-	5	4	4.5	
絶対	色相	1:赤, 2:黄赤	9:紫, 10:赤紫	5.5	6	6.5	3.5	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	2	2	2	2	
	明度	1:暗い	5:明るい	3	4	3	4.5	
	テストピース	サンプル1	サンプル2	サンプル3	色彩2：ブルーグレー			
					北窓昼光	角柱	円柱	平板
相対	色相	1:黄色み/赤み	5:青み	-	2.5	2.5	2.5	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	-	3	3.5	3	
	明度	1:暗い	5:明るい	-	4	4.5	5	
絶対	色相	1:赤, 2:黄赤	9:紫, 10:赤紫	6.5	7	7	6.5	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	3	3.5	3.5	3	
	明度	1:暗い	5:明るい	2.5	4.5	4.5	5	
	テストピース	サンプル1	サンプル2	サンプル3	色彩3：ライトグレー			
					北窓昼光	角柱	円柱	平板
相対	色相	1:黄色み/赤み	5:青み	-	1.5	1.5	1.5	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	-	3	3	3	
	明度	1:暗い	5:明るい	-	2.5	4	4	
絶対	色相	1:赤, 2:黄赤	9:紫, 10:赤紫	3	1	2	2.5	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	1.5	1.5	1.5	1.5	
	明度	1:暗い	5:明るい	4	4	4.5	4	
	テストピース	サンプル1	サンプル2	サンプル3	色彩4：ダークグレー			
					北窓昼光	角柱	円柱	平板
相対	色相	1:黄色み/赤み	5:青み	-	1.5	2	2.5	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	-	3	3	3	
	明度	1:暗い	5:明るい	-	4	3.5	4	
絶対	色相	1:赤, 2:黄赤	9:紫, 10:赤紫	2.5	1	1.5	2.5	
	彩度	1:鈍い	5:鮮やか	1.5	1.5	1.5	1.5	
	明度	1:暗い	5:明るい	1.5	4	2	2	

※ 相対評価結果では、評価1.5以下を橙色、4.5以上を青色で表記。  
 絶対評価結果では、基準となる北窓昼光下での評価結果と比較して、評価結果が1.5以上小さいものを橙色、1.5以上大きいものを青色で表記。  
 ※ 結果の記載順は、表-2および図-7に示す実際の聞き取り順序とは異なる。

果と、色彩 3 (ライトグレー) と色彩 4 (ダークグレー) のサンプル 1 (角柱) の評価結果のみ、他と傾向が異なる。

前者では、サンプル 1 とサンプル 3 については、北窓昼光下での知覚色よりも黄色み/赤みを帯びた色彩に知覚されるとの評価結果であったが、サンプル 2 では逆に青み寄りに知覚されるとの評価結果になった。これには、評価サンプル 2 が円柱形上ゆえ、直射日光を受ける日射面と陰となる日陰の面とが半分ずつとなっており (図-6) , それぞれの実際の発色も異なっているが、このうちの日陰の面での色彩感覚が優位に評価されたためと考えられる。また、後者の色彩 3 および色彩 4 のサンプル 1 については、サンプル 3 およびサンプル 2 と比較しても赤みよりの色彩に知覚される傾向が強いと読み取れるが、これも青みよりの発色をしている日陰面との対比が強く認知され、色温度の低い光源に照らされる日射面の色彩がより赤み寄り/黄色み寄りに知覚されたことに起因すると考えられる。

#### b) 被験者 B の評価結果

被験者 B (男性) の評価結果については、本論文では詳細は割愛するが、サンプル 3 (平板) の評価結果だけに着目すれば、評価結果は被験者 A による表-3 の結果とほぼ一致する傾向であった。

ただしそれでも、被験者 A ほど黄色み寄り/赤味寄りの色彩としてサンプルを知覚する傾向は強くなく、表-3 での橙色表記や青色表記に該当するような評価結果もほとんど見られない。また、サンプル 1 (角柱) およびサンプル 2 (円柱) については、逆に基準となる北窓昼光下での知覚色と比較して青みよりだとする評価結果も少なくなく、やはり日射面と日陰面の発色の違いの相互作用のようなものが影響したと考えられる。これは被験者 A の色彩 1 のサンプル 2 (円柱) でも確認された評価傾向である。

#### (4) 評価結果の考察

サンプル 1 (角柱) およびサンプル 2 (円柱) については、評価サンプルの被験者に視認される面において、日射面と日陰面が双方存在し、このような異なる光源に照らされ異なる発色をする面を合わせ持つ構造物の色彩がどのように認知されるのかという、別の研究課題<sup>2)</sup>を内包した評価結果の傾向となっており、現象が複雑で解釈が難しい。

しかしながら評価サンプル 3 の場合に、北窓昼光下での知覚色と比較して、物体の色彩が黄色み・赤みを帯びて知覚されるという傾向が明確に確認されたことから、今回のような環境下では光源色を誤認し、物体色を本来とは異なる色彩に知覚する現象が十分に発生しうるとを示している。

一方でそのような知覚色の遷移は、被験者 A の色彩 1 (グリーングレー) のケースのように大きな程度で起こることもあれば、被験者 A の色彩 2 (ブルーグレー) や被験者 B による評価のように、程度がそれほど大きくないこともあると見受けられる。これには、本実験で誘発を試みたような、複数光源に由来する「色の恒常性」の誤作用が完璧に我々がだまされる方向に発生するのか、あるいはそのような中でも視野中の情報になんらかのヒントをめざとく見つけ出し、誤作用の程度を最低限に留めることができたのかに影響されているように推察される。例えば、サンプル 1 (角柱) やサンプル 2 (円柱) の被験者 A による評価の場合に知覚色の遷移が小さくなる傾向にあったのは、これらのサンプルの日陰面での発色の傾向の違いなどを手がかりに、我々の色彩認知プロセスが光源色の違いに気づくことができたからと考えることができる。

他方、同じ角柱や円柱などの形状の構造物でも、順光に近い角度で直射日光を受けるなど、日陰として視認される面がごく少ない環境では、平板形状のサンプル 3 の場合と同様に光源色の違いの存在を知覚することができず、「色の恒常性」の誤作用による色彩の誤認が発生する可能性は高くなると考えられる。実際に、写真-2 (左・中央) において、照明柱の色彩が本来の色よりも緑み/黄色みがかって視認されたケースは、順光に近い方向から直射日光を受けていたケースである。

## 5. まとめ

積雪期の北海道においては、写真-2 や写真-3 に一例を示したような、構造物の色彩が本来の色とは異なる色彩に知覚される現象が見受けられ、これには人間の持つ視知覚特性のうち、色の恒常性とと呼ばれる知覚色の補正機能が影響している可能性がある。

天空光を主に受けて相関色温度の高い白色に発色する積雪面を基準として視野中の知覚色が補正されることにより、相対的に色温度の低い直射光を受けて発色する構造物の色彩が、本来の色彩よりも黄色み・赤みを持った色彩に知覚されている可能性があることを推測し、これを仮説として、実際の積雪面の色度の現地計測と、調光調色が可能な LED 電球を複数用いた室内実験を行い、これを通じて仮説の検証と考察を行った。

調査と実験は、限られたサンプルによる限定的なものではあるが、仮説を裏付けるような積雪面の太陽光に対する応答傾向と、被験者の色彩知覚の傾向を確認できた。このような屋外空間における土木構造物等の色彩の知覚特性の解明を通じ、色彩検討・色彩設計の精度向上に貢献していきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 日本産業規格：JIS Z 8102:2001 物体色の色名
- 2) 笠間聡：円柱および角柱形状の物体の直射日光下における色彩の認知に関する実験の試行，景観・デザイン研究講演集，No.18，pp.15-22，2022年
- 3) 日本色彩学会：色彩用語事典，東京大学出版会，p.35，2003年
- 4) 鈴木広隆，登石久美子：5.6.1 昼光シミュレーションソフトウェアの開発，国土交通省 総合技術研究開発プロジェクト「エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発」（平成 13-17 年度）報告書，pp.419-426，2005年
- 5) 国立天文台：こよみの計算，<https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>
- 6) 笠間聡，福島宏文：構造物の見た目の色彩の時刻変化とその要因に関する試行的調査と考察－土木構造物等の色彩検討における留意事項のひとつとして－，寒地土木研究所月報，No.860，pp.21-26，2024年8月
- 7) 羽生光宏，鈴木守：田無における太陽放射による分光放射照度の測定，照明学会誌，第68巻第2号，pp.83-89，1984年，
- 8) X-Rite Color：色順応に関する技術説明，2022年8月，<https://www.xrite.com/ja-jp/blog/technical-explanation-of-chromatic-adaptation>
- 9) 栗木一郎：色恒常性の神経計算理論，光学，28巻5号，pp.232-241，1999年5月