

シリーズ：著者が書く“論文活用マニュアル”〈第4回〉

あらためて照明について考える

Reconsidering the illumination

篠田 博之 Hiroyuki Shinoda

立命館大学情報理工学部知能情報学科

Dept. of Human and Computer Intelligence, Ritsumeikan University

1. はじめに

これまで三回にわたって色と視覚について解説しました。お気づきと思いますが、いずれの回においても照明(光)が重要な役割を果たしています。第一回目の連載では観察者の目に届く光の分光組成を左右する照明¹⁾、第二回目は観察者の視覚系の色順応を左右する照明²⁾、第三回目は高齢者や色覚異常者にバリアフリーな色彩環境を提供する照明³⁾です。連載の最終となる今回は、あらためて正面から照明を取り上げてみたいと思います。

外界情報取得の多くを視覚に頼る人間にとって光環境や色彩環境を適切にすることは重要です。とくに照明は視環境を左右する最大の要素であるにもかかわらず、光と視覚についての理解が不十分なために、その影響力が過小評価されています。これまで照明と言えば一部屋に一つ(複数のランプや器具でも一系統という意味で)、それも多くは天井に配置されていました。しかし間接照明や対象物の個別照明など、最近では照明方法も多様化してきました。光源も省エネと地球環境への配慮から、白熱灯はその姿を消しつつあり、代わりにLED(発光ダイオード)が主流の蛍光灯を押しよけて急速に普及しています。この機会にこれまでの照明に対する常識を見直し、照明の持つ潜在力を再認識したいと思います。さらにその応用として、照明光による快適で機能的な光・色彩環境の提供にまで話を広げたいと思います。

2. 光と色の常識・非常識

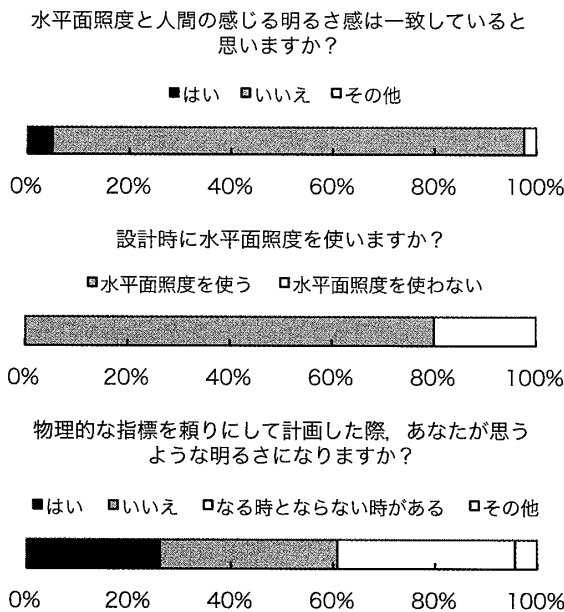
光や色に関して、視覚の研究者にとっては常識でも一般には認知されていない重要な事柄が3つあります。

- (1) 明るさ(感) ≠ 物理的な光量
- (2) 色 ≠ 光の波長
- (3) 色発現の三要素(照明, 物体, 観察者)⁴⁾

一つ目は明るさという感覚は光量だけでは決まらないということです。例えば光量が少なくても明るいと感じることがあり、その逆もあり得ます。同様に色は光の波長だけでは決まらないということが二つ目。とくに工学系の技術者に多く、「色=波長」と理解している方は可視光の長波長側の端の赤と短波長側の端の紫が連続的に接続することが分かりにくいようです。赤と紫が隣接していることは色相環で色を扱っている方にとっては常識です。また第一回の解説¹⁾で紹介したように、物体色の赤と緑の彩度を同時に強調する照明は逆に黄と青の彩度を同時に下げる可能性があることなども、直感的には理解し難いと思います。三つ目は何度も取り上げていますが、物体表面に色が存在するのではなく、視覚系の反応により生じる感覚が「色」であるということです⁴⁾。物体表面には分光反射率という光学特性しかなく、その情報を運ぶ光にも分光強度があるだけで、それ自体は色ではありません。その光を受け取った3つの錐体細胞が活動して初めて色となるのです。それが分かると、条件等色を理解し、照明光による物体色のコントロールや演出が可能になります。色は普遍的ではなく観察者によって異なることは、バリアフリーやユニバーサルデザインの考え方には不可欠な知識です。また色順応により色を見る尺度が常に変化していることも、二つ目の項目(色≠波長)と関連して、自発光型のディスプレイの色を正しく管理するためには必須の知識です²⁾。

3. 空間の明るさ感と光環境創造

元来「明るさ」は感覚を表現する言葉でした。それがいつの間にか物理的な光量を指すようになり、感覚を表現するには語尾に「感」をつけて区別するようになりました。エネルギーの単位であるジュール(J)や単位時間あたりのエネルギー量、例えば1秒あたり

図1 光環境設計者のアンケート結果⁵⁾

のジュールを意味するワット(W)で光量を扱うのが放射量です。それに対して、光束、光度、輝度、照度などの測光量は、放射量を人間の分光感度で変換した単位であり、知覚に対応した光の尺度と言えます。しかし前述したように新しい光源の登場や照明方法の多様化により、測光量と明るさ(感)が一致しない状況が増えました。ゼネコン、ハウスメーカー、設計事務所などの光環境の設計者による住居の光環境に関するアンケート結果⁵⁾(図1)によると、多くが水平面照度と明るさ感の不一致を認め(93%)、それでも設計時は水平面照度を使わざるを得ず(80%)、その結果思い通りの明るさにならないと不満を感じています(70%)。光環境評価で参照するJIS照度基準⁶⁾は工場やオフィスなど作業性を重視した光環境には有効ですが、くつろぎや安心感など、雰囲気重視した光環境の評価には適していません。同様に明るさ感はJIS照度基準だけでは規定できず、例えば机上面照度を750lx確保しても暗く感じたり、逆に750lx以下でも十分明るく感じる場合があります。

心理的な光量(明るさ感)と物理的な光量(例えば照度)の二つを組み合わせた尺度を用いることで新しい光環境の創造が可能になります。物理的な光量だけでは一次元尺度なので「光量が多くて明るい」か「光量が少なくて暗い」という光環境しかありません。しかしそこに心理的な尺度が加わると二次元尺度になり、あらたに二つの特徴的な光環境が生まれます。すなわち「十分明るい光量を抑えた省エネ照明の光環

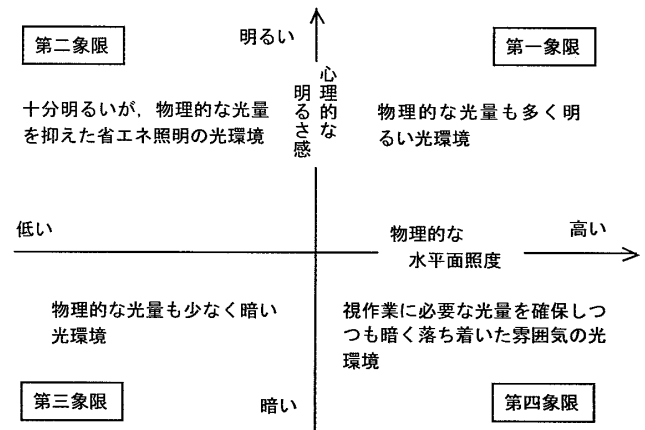


図2 照度と明るさ感の二次元尺度による光環境創造

境」(第二象限)と「視作業に必要な光量を確保しつつも暗く落ち着いた光環境」(第四象限)です。これらは照明業界にとっては未開拓マーケットであり、光源や器具のハードウェアと照明手法などのソフトウェアの両方のターゲットになります。

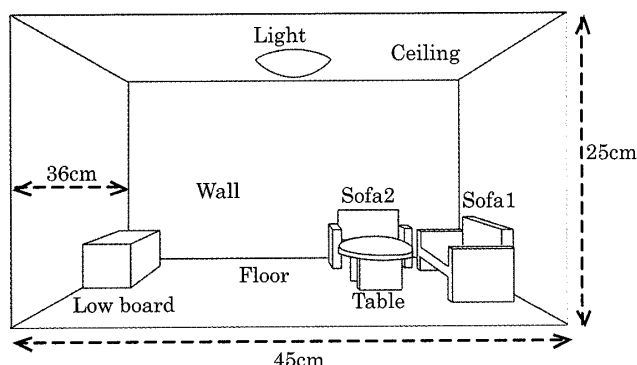
4. 色モード境界輝度による明るさ感計測

明るさ感を定量化(測定)するために「明度恒常性」と「色の見えのモード」という二つのよく知られた知覚現象を利用します。反射光強度 L は照明光強度 I とともに変化しますが物体表面に対して知覚する明るさは一定です。これは明度恒常性と呼ばれる現象で、視覚系が表面反射率 R に対応した知覚量 R' を安定的に保持していることを意味します。物理的には式(1)が成立していますので、 I を表面への入射光強度に対応する知覚量とすると、視覚系内でも同様に式(2)が成立していると想定されます。

$$L = I \cdot R \quad (1)$$

$$L = I' \cdot R' \quad (2)$$

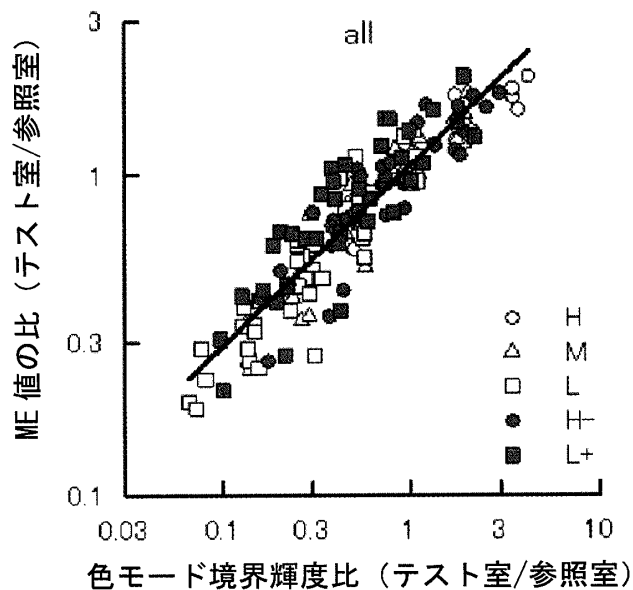
L は実際に視覚系が受ける量なので、明度恒常性が成立(R' 保持)するならば I' も保持されているはずで、この I' が計測できれば明るさ感の良い指標となります。 I' の計測には「色の見えのモード」を利用します。第二回の解説で登場した概念で、見え方による現象学的な色の分類です。物体表面のように光を反射していると知覚される場合を「物体色モード」、自ら発光していると知覚される場合を「光源色モード」と呼びます。モードは視覚系の判断であり物理的な状況と必ずしも一致しません。例えば物理的に発光している液晶ディスプレイでも周囲が明るければ物体色に見えます。逆に建築物のライトアップでは反射物

図3 色モード境界輝度測定^{7,8)}図4 実験に用いた模型⁸⁾

体であってもスポット照明を施せば光源のように見えます。

色モード境界輝度測定では灰色の色票に部屋の照明と独立の光源でスポット照明を当て、観察者が光源の強度を調整して物体色に見える上限の輝度に設定します⁷⁾(図3)。この物体色モード上限輝度を「色モード境界輝度」と呼びます。物理的には物体の反射率 R は1を超えません。したがって視覚系も R' が1以下となると物体色モードと判定しているはずで、つまり物体色上限輝度は知覚反射率が上限の $R'=1$ となる輝度で、 I そのものに相当します。なぜなら式(2)に $R'=1$ を代入すると $L=I$ となるからです。これが色モード境界輝度を明るさ感の指標とする根拠です。

マグニチュード推定法(ME法)による直接的な明るさ感評価と色モード境界輝度の関係を模型空間を用いた実験により調べました⁸⁾(図4)。テスト室の模型内の反射率を表1の5種類とし、床面の水平面照度を75, 150, 300 lxとして実験を行いました。ME法では、併置されたテスト室と参照室を比較し、参照室の空間の明るさを100としたときのテスト室の明るさ感を

図5 色モード境界輝度とME法による明るさ感評価⁸⁾表1 模型内部の反射率(%)⁸⁾

	参照室	H	M	L	H-	L+
wall	82	82	41	18.4	82	18.4
ceiling	82	82	41	18.4	82	18.4
floor	41	41	18.4	9.8	9.8	41
sofa1	61	61	31	14.6	14.6	61
sofa2	31	31	14.6	7.3	31	7.3
table	23	23	11.2	6.2	23	6.2
lowboard	14.5	14.5	7.3	4.4	4.4	14.6

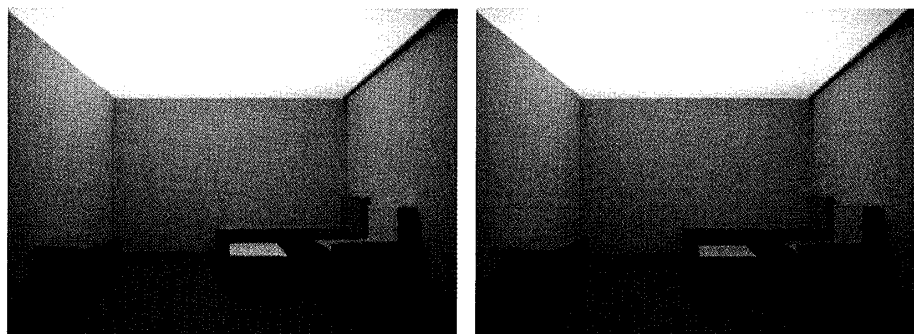
回答します。色モード境界輝度測定では、図3の装置のミニチュア版を作成し、テスト室の模型内に配置して物体色モード上限輝度に設定しました。参照室に対するテスト室の明るさ感評価値(ME法)の比を縦軸に、色モード境界輝度値の比(テスト室での境界輝度/参照室での境界輝度)を横軸にとると、両者は高い相関関係にあることが分かります(図5)。この両対数グラフの近似直線の傾きの値はおおよそ1/2となり、式(3)に示すように、明るさ感評価値(ME)は色モード境界輝度値(BL)の1/2乗に比例することが分かりました。

$$ME \propto BL^{1/2} \quad (3)$$

5. 明るさ感尺度の実例

5.1. Feu (フー)

色モード境界輝度は明るさ感の良い指標であることは分かりましたが、被験者による設定(測定)をその都度行うのは実用的ではありません。そこで岩井

図6 有彩色家具による空間の明るさ感向上¹⁵⁻¹⁸⁾

らは実際の様々な照明空間において色モード境界輝度測定を行い、視野内の輝度分布 $L(\theta, \phi)$ から色モード境界輝度値を推定する計算式(4)を導出し、空間の明るさ感指標Feu(フー, 仏語で火や炎の意味)としました⁹⁾。

$$Feu = 1.5 \cdot \left(\sqrt[N]{\prod_{\theta=-50^{\circ}}^{35^{\circ}} \prod_{\phi=-50^{\circ}}^{50^{\circ}} L(\theta, \phi)} \right)^{0.7} \quad (4)$$

一見難しいように見えますが、括弧内の計算は水平方向 100° 、垂直方向 80° の視野内の輝度分布の幾何平均を表しています。輝度値をすべて足してその総数 N で割るのが算術平均ですが、幾何平均は輝度値をすべて掛け合わせ N 乗根を求めます。これは輝度の対数値の平均に相当し、人の感覚は物理量の対数に対応するという特性を反映させていると言えます。係数の1.5は、住宅の居住空間として適切と感じる明るさがちょうど $Feu10$ となるように設定された値です。この輝度分布から算出したFeuと被験者が設定した色モード境界輝度は高い相関を示し、色モード境界輝度はFeuの約2倍に相当します。

5.2. Weluna (ウェルナ)

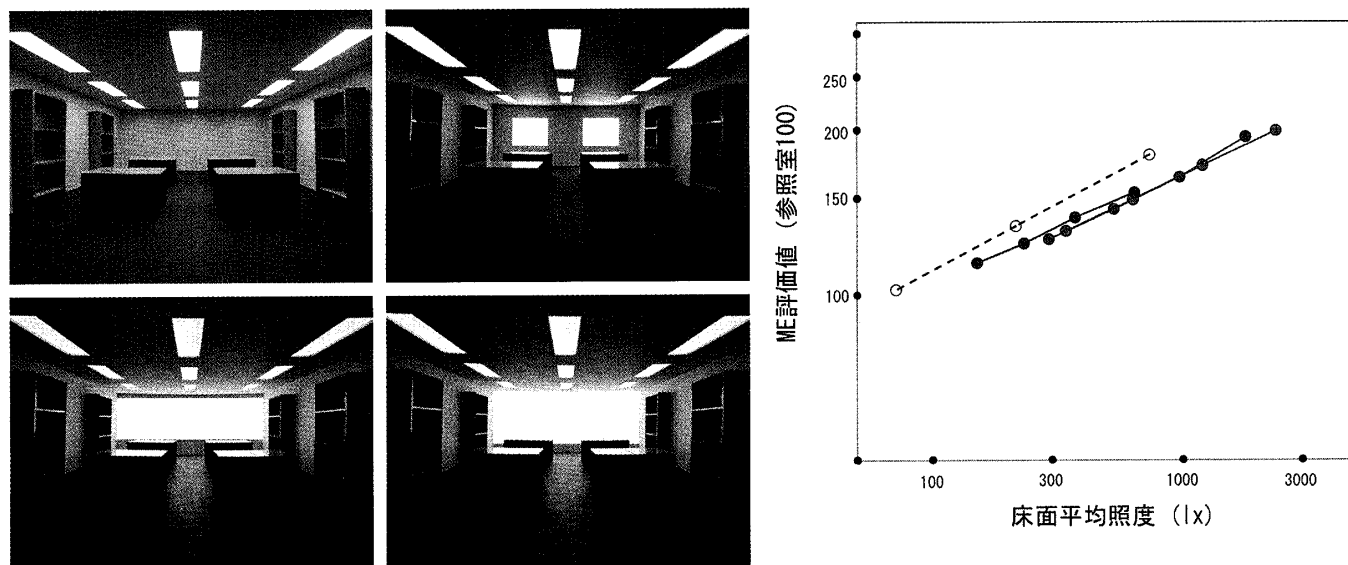
石田ら¹⁰⁾は空間の明るさ感は「光源の強さ感」ではなく、空間に光が満ちているという「光量感」であることを示しました。そこで面を照らす光(照度)ではなく空間を満たす光に着目することで新しい明るさ感コンセプトWeluna (ウェルナ, 月のLunaと良いのWellを合わせた造語)が開発されました¹¹⁾。明るさ感は目に届く光に依存しますが、中でも壁や床面、天井面などで反射して届く光(間接光, 反射光)の量で明るさ感を表現するのがWelunaの特徴です。照明から直接目に届く成分は光源の強さ感の決定因子であるため、それ以外の間接光成分を光量感に対応さ

せ、その量を眼前照度(lx)で表現するのです。野口ら¹²⁾は実空間で眼前照度と明るさ感の関係を検討しました。直接光成分を含む眼前照度と明るさ感評価値との相関係数は0.79と低いのに対して、直接光成分を差し引いた間接眼前照度との相関係数は0.93と高くなりました。この実験結果をもって間接眼前照度つまりWelunaが明るさ感尺度として適切であることを実証しています。

6. 明るさ感尺度の課題

明るさ感尺度の導入により、視作業重視は照度、雰囲気重視は明るさ感で光環境を扱うことで光を効率的に配備する考え方が整い、省エネルギーの照明設計に大きく貢献するようになりました¹³⁾。しかしFeuもWelunaも発展途上にあり完璧な指標ではありません。主な課題は色の効果、局所的な明るさの扱い、隣接する光環境の相互作用の三つです。

色の効果には照明光自体の色¹⁴⁾と空間内に配置された物体の色の影響¹⁵⁾があります。とくに後者は色鮮やかな物を室内に配することで明るさ感が向上することを確認しています¹⁶⁻¹⁸⁾。実験では図のように無彩色(参照室)と有彩色(テスト室)の模型を併置します。両者の明度は同一にそろえてあります。被験者は参照室(無彩色模型)の照明光を調光してテスト室(有彩色模型)と同じ明るさ感になるように設定します。すると多くの被験者は参照室をテスト室よりも高い照度に設定します。同一明度でもテスト室は色の効果で明るく感じていることを示しています。実験結果から色による明るさ感向上は最大1.5倍にもなることが確認されました。内装を高明度(高反射率)にしたときの明るさ感向上は容易に予測でき、FeuやWelunaにも反映されます。しかし彩度を上げて明るさ感が向上することは視野内幾何平均輝度(Feu)

図7 窓による室内の明るさ感低下^{19, 20)}

白, 窓なし(写真左上)；青, ポツ窓(右上)；緑, 横連窓(左下)；赤, フル窓(右下)

も間接眼前照度(Weluna)も予測できません。

タスク&アンビエント照明や窓/室奥で明るさが異なる場合のように不均一な光環境では複数の明るさ感が必要になることがあります。視線方向ごとにFeuやWelunaを測定すれば複数の明るさ感を扱えるかも知れません。しかし視線方向の奥行きは分離できません。奥行き方向も含めて三次元的に光環境を扱うこと、それに加えて局所的な明るさ感評価方法も必要となります。その点、色モード境界輝度は局所的な明るさ感計測手法であり、不均一な光環境の明るさ評価にも対応できます。

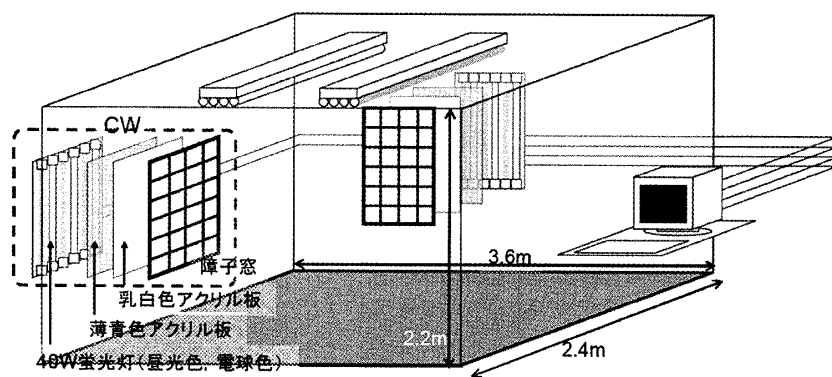
窓を有する部屋の明るさ感も適切に評価できていません。明るい室外との対比効果で室内が暗く感じる現象が主な問題点です^{19,20)}。こちらも模型空間で実験しています。窓のない部屋(参照室)と窓ありの部屋(テスト室)を併置して比較し、ME法により明るさ感を評価しました。グラフの横軸は床面の平均照度(lx)、縦軸が窓なしの参照室の明るさを100としたときの窓ありのテスト室の明るさ感(ME評価値)です。参照室の中央の照度は100lxに設定されています。念のためテスト室にも参照室とまったく同じ窓なしの模型をおいて評価した結果も記しています。同じ空間なのでME評価値は当然100となっています。さらに窓なしのテスト室の床面中央の照度を300lx, 1000lxを上げてゆくとそれに合わせてME評価値も上昇します(図7, グラフの中の破線)。さて、天井照明だけで100lxだった部屋に窓を設けると、当然外光

が入りますので、照度が上昇し、横軸の右の方向にずれます。明るさ感も上昇しますが、窓なしのテスト室に比べてME評価値は低い値をとっています。窓を通してたらされた外光によって照度が確保されているのに、天井灯だけで照明された空間に比べて相対的に暗く感じることを意味します。最近、昼光を利用して省エネを図る照明手法が盛んに用いられています。外光がある分だけ、室内の照明出力を下げるのです。その場合、一定の照度を確保するような調光制御では、窓から光が入るほど暗く感じるでしょう。そのように実験結果は示唆しています。物理的な光は欲しいけれども、明るさ感の観点からは高輝度の窓を見せたくない。それを実現するために、すでに建築設備の分野では様々な工夫が提案されています。

7. 窓と照明

7.1. コミュニケーションウィンドウライティング(CWL)

建物が大きくなるにつれて窓のない部屋も増えています。息苦しさや閉塞感で居心地は良いとは言えません。この問題は部屋を広くしても照明を明るくしてもあまり改善されないようです。物理的な光を室内に取り入れることは、窓の役割の一つですが、すべてではありません。人は意識するしないにかかわらず、窓から見える景色、たとえ景色がなくても、窓に見える光や色から外界の様子を感じ取っていま

図8 コミュニケーションウィンドウライティングCWL²¹⁻²³⁾

す。障子に映る色と光だけでも方角や外界の天気、時刻などが分かりますね。窓がないと外界とのつながりが断たれること、これが無窓室の閉塞感の正体だと思われます。

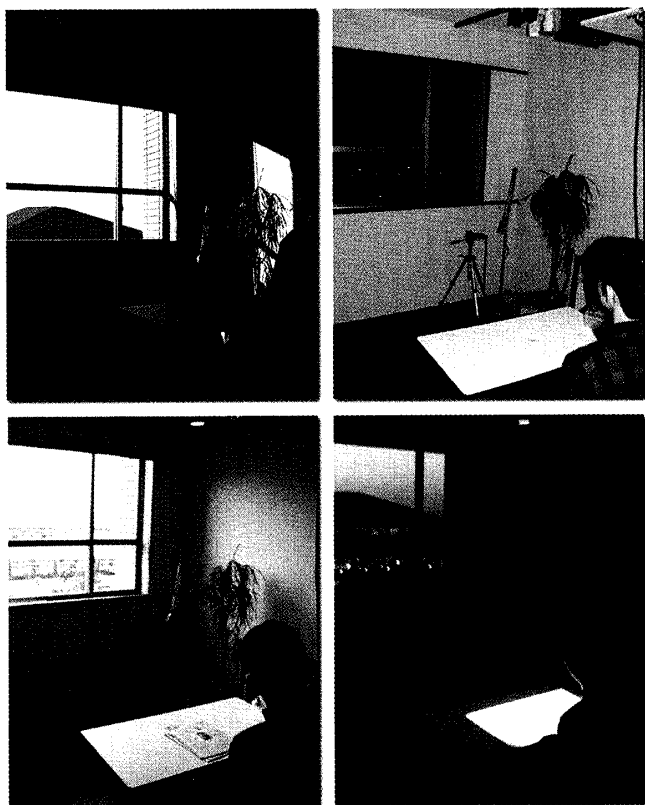
そこで図8のようなシステムを作りました。外界情報の取り組み口としての機能を重視して、Ikedaら²¹⁾はこれをコミュニケーションウィンドウライティング(CWL)としました。当時は障子の裏に白色と黄みがかった温白色の蛍光灯を設置し、障子窓に任意の色と明るさを提供しました^{22, 23)}。現在はLEDを用いて薄型の壁掛けタイプも可能です。しかしいくらディスプレイの解像度が高くなり画面が高輝度になったからといって、ディスプレイを壁にかけて外界の風景を表示しても失敗します。窓が偽物と見抜かれた途端にコミュニケーションするための窓の機能を失うからです。むしろ光と色だけを呈示し、人間の想像力に頼む方がリアルなのです。実際に室外の照度計に合わせてリアルタイムに窓を制御することもできますし、あらかじめ測定しておいたデータを用いれば、まったく異なった時間や天気、方角などを再現、シミュレートすることも可能です。

どうやらこのCWLでは窓の明るさと色の絶対値よりも「変化」が重要なようです。室内に入って5分や10分ではダメで、30分から1時間も居ると、外界情報(時刻、天気、方角)がほぼ正しく伝わります。被験者による実験で確認しています²³⁾。快適性も調べています。閉塞感や不快感が軽減することは明白ですが、面白いのは、居室者の心理状態が戸外の天候に影響されることです。つまりCWLを通して外界情報が室内に伝わると、居室者は外界の雰囲気を感じ、それによって心理状態が変化するので、照明デザイナーは室内照明により様々な雰囲気を演出します

が、その効果には限度があります。しかし外界の情報をCWLに再現すると、演出力が劇的に向上します。日本庭園の借景に似ていますが、外界の雰囲気を最大限に利用するのです。外が灼熱の太陽の下のだらけなのか、陰鬱な雨天の森なのか、室内の雰囲気もまったく変わるから不思議です。

7.2. 連続感照明

窓に関連した照明手法をもう一つ。室内と屋外を物理的に隔てる窓は、情報の通り道でもあり、心理的には二つの空間をつなぐ役目をします。そこで室内の照明を上手に調整すると、戸外と室内があたかも同一の空間のように感じられる状態があることに気づきます。この状態を戸外と室内の空間に「連続感」があると表現します^{22, 24-29)}。外界は常に変化するため、ここでも室内照明を戸外に連動するように調光します。これが、池田らが提案する「連続感照明³⁰⁾」という照明手法です。簡単のように聞こえますが、室内照度を戸外と等しくしても連続感や一体感は得られません。ここが面白い所ですが、私たちは被験者による実験を行い、連続感を与える室内照明の照度を戸外照度の関数として求めました。実験では朝、日中、夕方と様々な時間帯、様々な天候で、被験者は室内を調光しながら室内が戸外と連続的に感じられるレベルに設定し続けるのです。そのようにして得られた関数を用いて室内照明を自動調光します。図9上段は、昼間に室内の照明をOFF、夜間に照明ONとしているためどちらも連続感のない状態です。それに対して図9の下段は連続感照明が施されている状態の写真です。戸外が暗くなり、それに合わせて室内も暗くなる状況では手元のタスクライトを用いて視作業用の照度を確保しつつ、雰囲気は「連続感」を壊さ

図9 連続感照明³⁰⁾

ないようにします。このように雰囲気明るさ感と視作業のための照度を別々に扱うことも大切です。

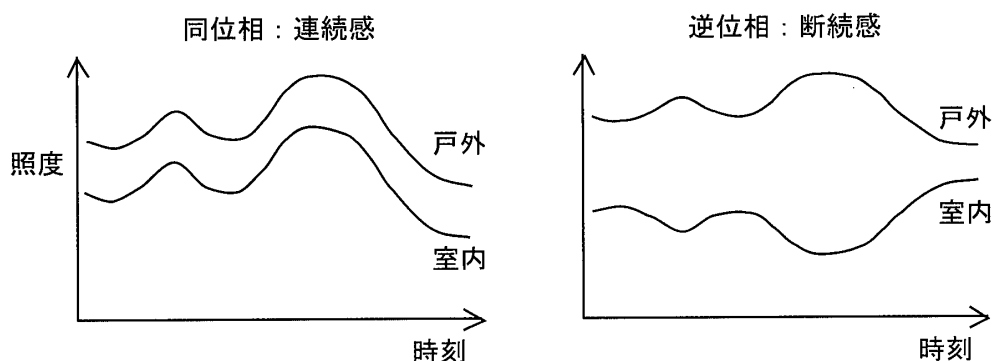
連続感照明を実現すると、室内にいるにもかかわらず、あたかも外に居るような感じを受けます。したがって、戸外に出ることのできない高齢者や入院患者などにこの連続感照明は喜ばれるでしょう²²⁾。別荘など、空調の利いた部屋に居ながらにして、窓から見える自然を満喫することもできます。逆に連続感を適用してしまうと外に気が散ってしまい授業に集中できなくなるため、小学校低学年の教室には

不向きかも知れません。その場合は戸外と逆位相に調光すればよいのです²²⁾(図10)。先ほど紹介した昼光利用の省エネ照明制御は、実は連続感の観点で見ると、逆位相調光になっているはずですが、たしかに机上面では一定の照度が確保されているのですが、室内が陰気に感じ、雰囲気も良くありません。照度と明るさ感を区別して調光することが解決策の一つですが、もしかしたら、連続感がないことも一因かもしれません。

8. おわりに

最終回は色から脱線して、照明、とくに空間の明るさ感や雰囲気、さらに窓の機能についても解説しました。すべての視覚体験は光を媒介にしています。色や明るさはもちろん視力や色弁別能力などあらゆる視覚特性も照明に依存します。それだけでなく空間全体の雰囲気を決定する有力な因子でもあるのです。物体の色はもちろん、光の色であっても、色彩を思う通りに扱うには照明についてもよく知っておく必要があります。

そもそも色を扱うには物理、生理、心理など、様々な分野の知識を総動員しなければなりません。そして色の選択や配色にまで及ぶと、文化や歴史、宗教にも配慮する必要があります。学問や研究分野としての色彩は極めて学際的です。この4回の連載は色彩のほんの一側面に光をあてたに過ぎません。しかし、その一方で色は誰でも体験することができ、とても身近な対象です。色の専門家でない方には、面白い体験を通して色のことにもっと興味を持ってもらいたいと願っています。色の専門家には、光と視覚を賢く用いて色彩表現の可能性を広げて欲しいと期待します。拙稿がその一助となれば幸いです。

図10 連続感照明による照明制御²²⁾

参考文献

- 1) 篠田: 色発現の三要素(その1) - 照らす光と照らされる物体 -, 日本色彩学会誌, 35-2 (2011) 113-117
- 2) 篠田: 色発現の三要素(その2) - 視覚系の色順応 -, 日本色彩学会誌, 35-3 (2011) 227-233
- 3) 篠田: 多様な色覚への対応 - 色覚異常と高齢者 -, 日本色彩学会誌, 35-4 (2011) 337-343
- 4) 篠田, 藤枝: 色彩工学入門, 森北出版, 東京(2007) 22-23 (色発現の三要素)
- 5) 木村, 加藤, 関口: 住居における室内の光環境に関するアンケート調査 - 居住者と設計者の意識比較 -, 第29回照明学会東京支部大会 (2003)
- 6) JIS照度基準, JIS Z9110 (1979)
- 7) 山口, 篠田, 池田: 照明認識視空間の明るさサイズの測定による実環境における空間の明るさ感の評価, 照明学会誌, 86-11 (2002) 830-836
- 8) 山口, 篠田: 色モード境界輝度による空間の明るさ感評価, 照明学会誌, 91-5 (2007) 266-271
- 9) 岩井: 快適な照明空間創りのための新しい照明設計の考え方 - 空間の明るさ感指標「Feu」に基づく照明設計, 住宅電気利用技術懇話会誌, 25 (2007) 25-33
- 10) 石田, 萩内: 空間の明るさ感の心理的決定要因: 光源の強さ感と空間の光量感, 照明学会誌, 84-8A (2000) 473-479
- 11) http://www.tlt.co.jp/tlt/lighting_design/design/weluna/weluna.htm [東芝ライテック]
- 12) 野口, 高橋, 山本, 茶谷: 目に入射する間接光を用いた空間の明るさ感評価方法の検討, 平成22年度照明学会東京支部大会講演予稿集 (2010) 21
- 13) 大阪府環境情報センター: 地球温暖化対策技術開発事業-白色LEDを使用した省エネ型照明機器に関する技術開発-成果報告書, 平成16年度環境省委託事業 (2005)
- 14) 山口, 山本, 篠田: 照明光色温度の違いが空間の明るさ感に与える影響 - 色モード境界輝度による検討 -, 照明学会第42回全国大会講演論文集 (2009) 172
- 15) 池田, 金子: 照明認識視空間への初期視覚情報の影響 - 明度と彩度の場合 -, 照明学会誌, 80-5 (1996) 319-324
- 16) Yamaguchi, H., Tamoi, T., and Shinoda, H.: The effect of interior chromaticness on space brightness evaluated by border luminance of color appearance mode, Proc. of 3rd CJK Lighting Symposium, Seoul, pp.83-86 (2010)
- 17) 高田, 山口, 篠田: 空間の明るさ感に与える家具色彩の影響, 平成22年度日本色彩学会関西支部大会予稿集 (2011) 8-9
- 18) Takada, H., Yamaguchi, H., and Shinoda, H.: Effect of interior chromaticness of space brightness, i-Perception, 2-4, p.369 (2011)
- 19) 丸山, 山口, 篠田: 窓のある照明空間の明るさ感評価, 平成22年度日本色彩学会関西支部大会予稿集 (2011) 10-11
- 20) Maruyama, T., Yamaguchi, H., and Shinoda, H.: Space brightness evaluation for a daylit room, i-Perception, 2-4, p.371 (2011)
- 21) Ikeda, M. et al.: Communication window lighting to furnish the amenity with residents, Proc. of Lux Pacifica 97 (1997) A176-A180
- 22) 池田: 照明認識視空間の照明設計への応用(その2), 照明学会誌, 84-1 (2000) 50-53
- 23) 山口, 井上, 篠田, 池田: コミュニケーション・ウィンドウ・ライティングによる外界情報伝達, 照明学会誌, 94-5 (2010) 267-274
- 24) 池田, 尹, 篠田: 2つの照明認識視空間の間の連続性, 照明学会誌, 79-11 (1995) 710-713
- 25) 池田, 尹: 戸外から室内を見た場合の連続感最大点の室内照度レベル, 照明学会誌, 80-5 (1996) 372-374
- 26) 尹, 池田: 2つの照明認識視空間の間に連続感を与える自空間の許容照度範囲, 照明学会誌, 80-5 (1996) 368-371
- 27) 尹, 池田, 篠田: 色温度の差を考慮した室内から戸外を見た場合の連続感許容照度範囲, 照明学会誌, 81-8A (1997) 621-627
- 28) Yoon, H. and Ishida, T.: Perceptual determinants of a sense of continuity between spaces produced by lighting, Proc. of Lux Pacifica 97 (1997) A119-A124
- 29) 尹, 石田, 池田: 2つの室内空間に連続感を与える照明光の照度および色の許容範囲, 照明学会誌, 82-8A (1998) 523-529
- 30) 村中, 池田, 篠田: 居住空間における連続感照明の自動化, 照明学会第34回全国大会講演論文集 (2001) 231