

研究資料

空間認識と照明の理解に必要な初期視覚情報－補足実験

Initial visual information necessary for space recognition and understanding the illumination – Supplemental experiment

チャンプラパ ポワンスワン
Chanprapha Phuangsuwan

ラジャマンガラ工科大学タニヤブリ校, カラーリサーチセンター
タイ王国

Color Research Center,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

池田 光男
Mitsuo Ikeda

ラジャマンガラ工科大学タニヤブリ校, カラーリサーチセンター
タイ王国

Color Research Center,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Abstract

If there is nothing placed in a space but only a uniform wall without any scratches or patterns one cannot recognize the existence of the space. If any object is inserted there he/she now can recognize the space and understands illumination filling the space although the recognition and the understanding might be slight. The object is called the initial visual information IVI. In a previous paper¹⁾ the recognition of a space started already with a little IVI of a carnation flower with a short stem but there was a gap of recognition of a space between the above IVI and no IVI. The present paper supplements the previous finding by providing observers with still smaller amount of IVI to see whether such smaller IVI gives less recognition of a space and less color constancy. It was found that with only a pair of white petals as the IVI the subject could already notice the existence of a space, understand the illumination in the space, and get the color constancy although very imperfect. The quantitative definition of IVI was proposed by the amount of whiteness which defines the degree of the color constancy.

Keywords: Space recognition, initial visual information, lightness constancy, color constancy, recognized visual space of illumination, two rooms technique

要 旨

空間に何も物が置いてなくかつ疵のない様な壁に囲まれているとき人はそこに空間の存在を認識できない。何か物を置くと初めてそこに空間を認識する。その物を初期視覚情報IVIと言うが、前報¹⁾でどのくらいのIVIで空間が認識されるかIVIをいろいろ変えて実験的に求めた。IVIとしてカーネーションの花一厘と短い茎を与えただけでもかなりの空間認識が出来ることがわかった。そこでもっと少ないIVIではどうかを検討したのが本研究である。今回の一番少ないIVIは白いカーネーションの花びら2枚であるがそれでも空間認識は可能であり、少しだけ色の恒常性が生じることが分かり、前報を補足するものとなった。このことは空間認識に対するIVIの高感度性を示したものである。また色の恒常性を見えの白みの量で測ったがその白みの量でIVIの量を定量化できることを示した。

キーワード: 空間認識, 初期視覚情報, 明度の恒常性, 色の恒常性, 照明認識視空間, 2部屋法

1. はじめに

この研究資料は前報¹⁾を補足するものである。物や光の明るさや色の見えを説明する一つの考えとして照明認識視空間 Recognized visual space of illumination RVSIが提案され、色の見えの幾つかの現象を説明することができた²⁻⁵⁾。この概念の中心となっているのは色順応は表面の色への順応ではなく照明の色への順応であるということである。色の同時対比という現象があるがそれも色の表面にその色で照明された空間を認識して生じると説明する⁴⁾。照明に順応するにはそこにどういう照明があるかを理解しなければならない。それにはまず照明がある空間を認識しなければならない。そのためには空間を構成する要素つまり物体を空間の中に見なければならない。それを見て空間を認識しそこを満たしている照明を理解するというふうになる。その物体を初期視覚情報 Initial visual information IVIと呼んだ。この一連の考え方の妥当なことを色の恒常性の現象を使って Pungrassamee らが示している⁵⁾。ただ、ほんの少しの IVI を与えただけで空間認識が成立し、色順応が起き、色の恒常性が成立したことは示しているが、空間認識に必要な IVI についての詳細な検討はされなかった。それを行ったのが前報¹⁾であった。ただそこでも採用した最少の IVI はカーネーションの白い花一つと短い茎だけであったがすでにかなりの空間認識と照明の理解が形成されることがわかり、さらに少量の IVI の検討が課題として残された。本研究は花一輪よりさらに少ない花弁までに IVI を減らし空間認識、照明理解、ひいては色の恒常性の検討を行って前報を補足するものとした。

2. 実験

2.1 実験装置

実験装置は前報¹⁾と同じで、図1に示すように被験者室とテスト室からなる2部屋法を採用している。RVSIは照明への順応なので、実空間それも日常生活を模した空間で実験することが大事と考える。したがって被験者室は幅120cm、奥行き210cm、高さ200cmの広さとし、人工の花、書籍、時計、額縁、テーブルクロスなどで装飾、壁も通常の壁紙とした。2部屋法なので被験者室とテスト室の照明 L_s と L_t をそれぞれ独立に調整できる。両室の間の壁には縦30cm、横40cmの窓 W があり、被験者はそこを通してテスト室を観測することができる。窓のエッジはシャープに切っている。被験者から窓までの距離は前と同じく180cm、したがっ

て窓の大きさは視角で $13^\circ \times 10^\circ$ である。テスト室の後方の壁には一様で疵などがなく L^* が94の白色ボード WB が立てかけてある。これが白みの量を判定するテスト刺激となる。そのサイズは大きく、窓 W を十分にカバーしている。WB の前方には棚がありその上にいろいろの初期視覚情報 IVI が置けるようになっている。IVI がゼロすなわち何も置いてない場合は、両室の照度レベルの関係によって変わるが、窓に黒、灰色あるいは白い紙が貼り付けられているように見える。いわゆる貼りつき現象で、このとき窓の見えの表面は被験者室の中に存在する物体として認識される。

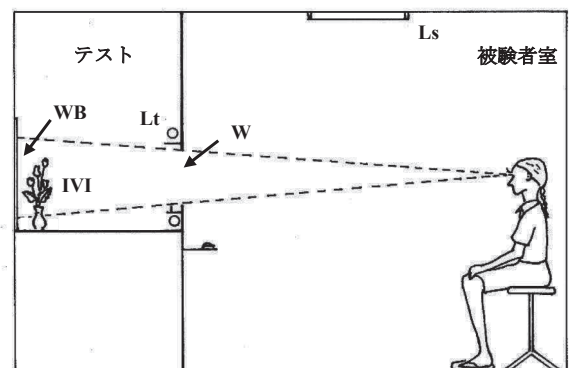


図1 被験者室とテスト室からなる実験装置

照度測定は被験者室の場合は窓 W の下にある棚の上で水平面照度を、またテスト室の場合は棚の上、白色ボード WB のすぐ前で水平面照度をコニカミノルタの色彩照度計 CL-200A で行った。

2.2 初期視覚情報 IVI

テスト室に置かれた白色ボード WB に疵やテクスチャがなくまた何も描いてない全く一様な表面の場合、そして WB が窓 W を完全に覆っている場合には、窓 W は一様な表面がそこに貼り付いているように見える。つまり被験者にはテスト室という空間の存在は全く認識できない。しかし WB に何か瑕があったり絵が描いてあったりあるいは WB の前に何か物体が置かれると、直ちにそこにテスト室という空間があることが分かりその空間の照明の理解に至る。このように空間の認識をもたらす照明理解をもたらす物体などを初期視覚情報 IVI と称することにした⁶⁾。

今回は IVI として8種類を準備した。図2に示すように人工の花や葉で、上段の記号で示す前報で使った I_1, I_3, I_5, I_7 に新しく I_A, I_B, I_C, I_D の4つを加えた。本

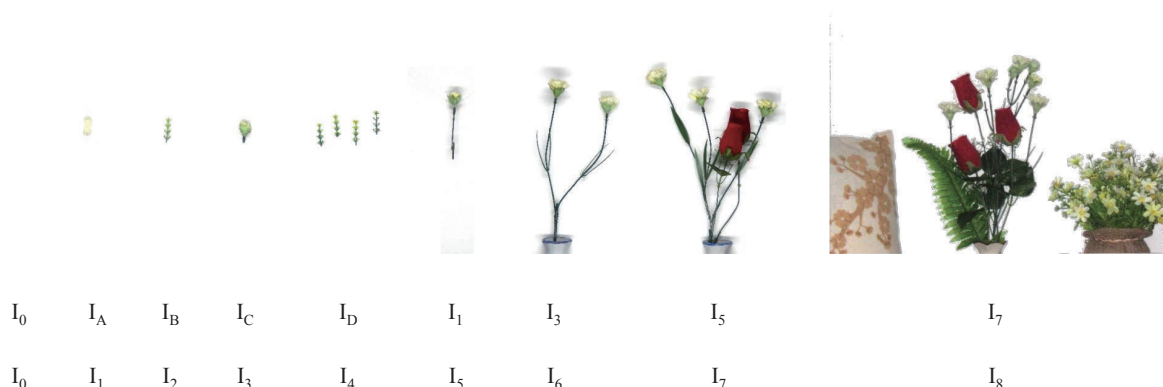


図2 採用した初期視覚情報。上段のIVI記号と番号はは前報¹⁾に合わせたもの、下段は今回採用した記号。

報ではIVIの記号を下段に示すように I_1 から I_8 と付け直した。IVI無しは前と同じく I_0 と名づける。 I_1 は前報で使った白いカーネーションの花びら2枚でこれらを白色ボードWBの上に貼り付けて提示した。サイズは縦3.5cm, 幅1.7cmの小さいものである。WBと花びらの明度 L^* はそれぞれ94と93であったからコントラストは低い。 I_2 は長さ4.5cm, 幅1cm, 緑の杉の葉一本である。幅が小さくてCL-200Aで明度を測定できないのでJIS標準色票を使い目視で測った。 L^* は約60であった。 I_3 は幅2.2cmのカーネーションのつばみに僅かに茎がついたもの、そして I_4 は杉の葉4本を横に並べたものである。いずれもそれぞれ白色ボードに貼り付けて固定した。前報の場合も同じであるがこれらIVIの番号は単純なものから複雑なものへ、数の少ないものから多いものへ、部分的なものから全体的なものへ、というふうに付けていった。したがってIVI番号は順番を示すものである。

2.3 実験条件

2.3.1 追加実験1

今回の補足実験では前報¹⁾と同じ照度条件を採用するのが望ましいが、その後他の実験が入り天井灯の一つが光度調整可能な蛍光灯に替えられ、被験者室の照度757 lxが得られなくなっていた。安定して得られる照度は最高で666 lxであるのでそれを採用した。このときテスト室の照度は蛍光灯Ltを点灯しない状態で9 lxで前報の10 lxにはならなかったがそれを採用した。被験者は5人、MI, MK, CP, KT, KCであるが前報とは入れ替わりがあり、共通の被験者はMIとCPのみである。この実験を追加実験1と呼ぶことにする。前報とは約1年の間がある。

IVIは図2の I_8 を除いた7種類である。これにIVIなしの I_0 が加わる。被験者の作業は前と同じで、IVIとしての花や葉のすぐ近くの辺りの白色ボードの見えをエレメンタリーカラーネーミングで測定することである。つまり白みの量と黒みの量をパーセントで評価する。実験者が次のIVIを準備する間被験者は窓Wを固視せず部屋のあちこちを眺めておくように指示した。IVIの提示はランダム、セッションを変え5回繰り返してデータを収集した。

2.3.2 追加実験2

追加実験1の後さらに半年くらい経って前報¹⁾と同じ照度条件が得られるように天井に蛍光灯一基を追加し追加実験2としてこれを行った。前報の結果の補足的意味があるので両実験結果を直接比べられる被験者MIとCPの2人だけで実験を行うことにした。被験者室の照度は前報と同じく757 lxに固定、テスト室の照度は同じく10, 20, 40, 80 lxの4レベル、実験回数は5回とした。IVIは図2の8種類、それに視覚情報無しの I_0 が加わる。

3.1 追加実験1の結果

被験者5人の結果をそれぞれの平均値で図3に示す。横軸がIVIナンバーで順番に番号を付したものであるが前報と比較できるように I_6 は7のところに、 I_7 は9のところにとった。縦軸は白みの量でパーセント表示である。個人差は結構ある。しかしIVI番号の増大とともに白みの量は徐々に増大し白色ボードが本来の白色に返っていくつまり色の恒常性が成立していく様子を示している。IVIが与えられていない I_0 の場合は白みの量はきわめて小さく平均値で19.6%である。被験

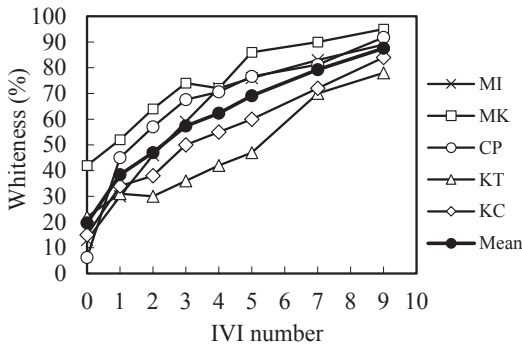


図3 追加実験1で得られた5人の被験者の結果. 黒丸太線は平均値.

者MKは高い値を示しているが他の4人の平均値をとるとわずか14%である. Phuangsuwanらが求めた白みの量と明度 L^* の関係式⁷⁾に当てはめると L^* は33になる. 白いボードも黒く見え色の恒常性がほとんど見ら

れないことを示している. IVIの増大とともに白みは増大し, 横軸の9すなわち I_7 つまり白のカーネーションと赤いバラの組み合わせだと白みの量は88%, L^* は平均で85となっている. 被験者CPは上記4人のうちで最高値の91.8%を出していて L^* は88となる. 測色器による白色ボードの明度は94であるから色の恒常性はおおよそ成立したと見てよい. なお被験者MKは絵画をよくするので絵の具の混ぜ合わせの量で白みと黒みの量を判断したということで, これが他の被験者との差をもたらしたと推測される.

前報では I_0 から次のIVIであった図2の I_1 (今回では I_5)になったとき白みの量が5%から30数パーセントすなわち6倍以上にジャンプしたが, 今回の結果は19.6%からその次の38.4%すなわち2倍程度の上昇であり, 前報のジャンプの間を少ないIVIを採用することによって少し埋めることが出来たと言えよう. ただ I_0

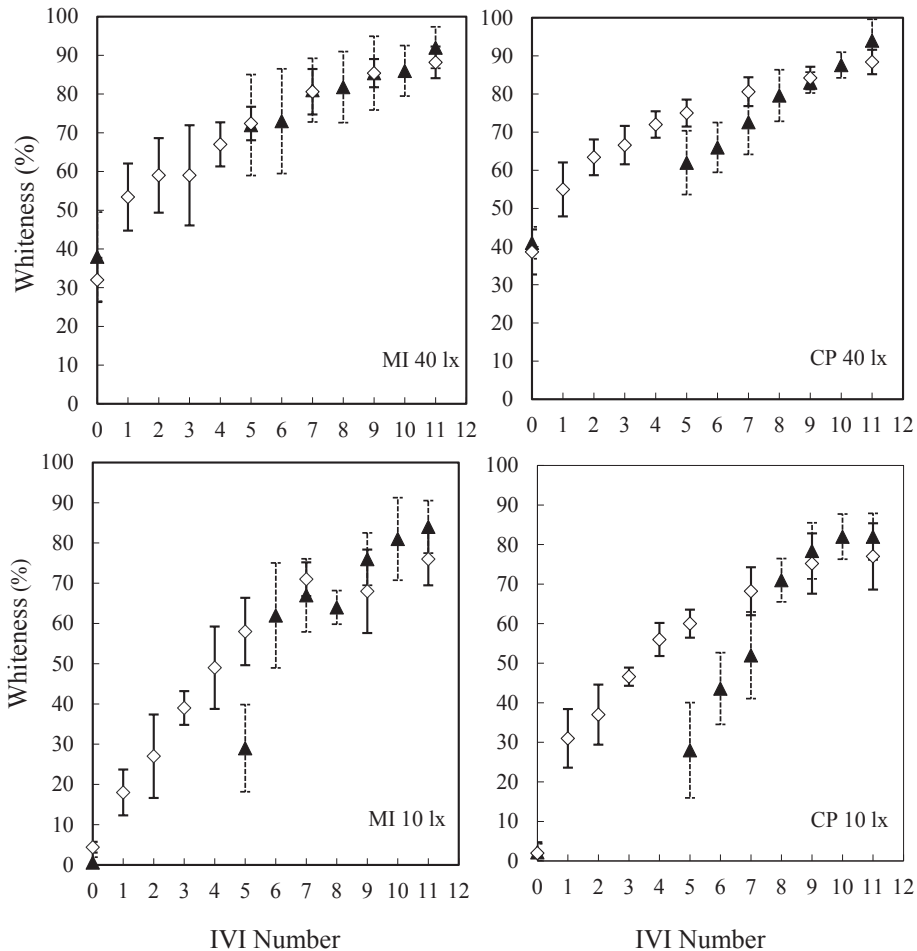


図4 追加実験2で得られた2人の被験者の結果(白抜き). 左, MI; 右, CP. 上段, テスト室の照度40 lx; 下段, 10 lx. 黒塗りのシンボルは前報¹⁾のもの.

のときの白みの量は前は5%であったに対し今回は19.6%であり白みの量を大きく判定している。おそらくテスト室と被験者室の照度が前回とは異なることからきていると思われる。実際両実験に携わった被験者MIとCPはIVIの少ないところでは今回の方が白みが多いと感じたと報告している。

3.2 追加実験2の結果

結果の例を図4に白抜きで示す。左が被験者MI, 右がCPからのもの、また上段がテスト室の照度40lx, 下段が10lxの結果である。横軸のIVI番号は図3に倣っているが I_8 は横軸11のところにプロットしてある。黒塗り三角は前報の結果を再現したもの、またそれぞれの点の縦棒は5回の測定の標準偏差値である。MIについては10lxで前報の I_1 ここでは I_5 の値が今回の値に比べて相当低くなっているが、他の点は両者の結果はよく合っている。ここでは示していないがテスト室20lx, 80lxの結果でも両者はよく合っている。しかし被験者CPについては10lxで前報のIVIの小さい3点は今回の値よりかなり低いし、その傾向は20lxでも顕著、80lxでやっと差が無くなっている。前報と今回で照明条件を同じにしている。本報でのデータ分析には同じ2人の被験者のものを使っている。実験を行なった時間には1年半の隔りがあるがそれがこのような差をもたらしたとは考えにくい。そこで考えられるの

は今回はより微小なIVIが4つ加えられたことである。前回の一番小さいIVIは図2の I_1 で、短い茎のついたカーネーションの花一つであった。それが白色ボードWに白みを感じさせる最初のIVIであったので白みの量を少なく判断したのではないか。今回はそれより更に少ないカーネーションの花一つ、花びら2枚など4つがあり、それらを見てそこにもすでに白みが見えたので I_1 のときの白みの量の判定が押し上げられたのではないか。

ここで前報と同じようにIVI番号を適当に修正して回帰直線を求めてみる。ただ上記したように前報と追加実験2には差がみられたので追加実験2のみのデータでこれを行った。そのために両被験者のデータを平均し横軸のIVI番号の位置を試行錯誤で調整し10 lx条件のデータ点が直線で近似できるようにした。結果が図5の左である。横軸はもう単なる順番ではないのでIVI値 (IVI value) と呼ぶことにした。回帰直線とデータ点の関係を示す決定係数 R^2 は10 lx直線で1.00, 20lxで0.977, 40lxで0.982, 80 lxで0.976と高い値を示している。図5の右は前報のデータも一緒に10 lxと80lxについてプロットしたものである。20lxと40lxの結果は重なるの混乱を避けるために省略した。 I_0 ではそれぞれデータ点が2つあるがこれらは前報と今回のデータでありいい再現性を示している。直線はこれらのデータの回帰直線である。決定係数 R^2 は10, 20, 40, 80lx

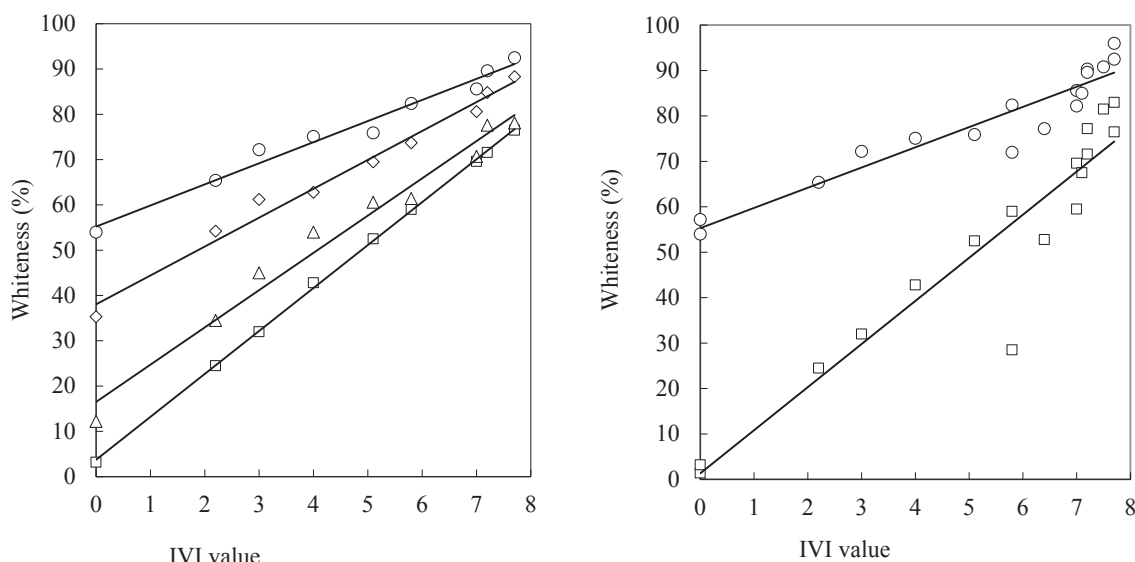


図5 白みの量をIVI値に対してプロットしたもの。MI, CPの平均値。実線は近似直線。
左) 今回の追加実験2のものでテスト室の照度は下から10, 20, 40, 80 lx。右)
前報のデータを加えたもの。テスト室が10 lxと80 lxの場合。

でそれぞれ 0.890, 0.915, 0.943, 0.896 であった。追加実験 2 より低い値であるがまずまずである。

4. 考察

図 4 や 5 で分かるように IVI がゼロすなわち I_0 でテスト室に窓一面をカバーする白色ボード WB だけしかない場合は、WB は窓に貼り付いて見え、かつテスト室の照度が低いのでつまり WB の輝度が低いので、黒い紙が窓に貼り付けられているように見えた。テスト室に対する色の恒常性はいわばゼロということである。前報¹⁾ではテスト室に図 2 の I_5 で示した白いカーネーションのつばみ一つと緑の短い茎を置くとテスト室の空間認識がある程度成立し、WB が少し白色に見え、色の恒常性が少しだけ成立することが分かった。しかし I_5 より小さい IVI を置くとさらに不完全な色の恒常性を示すのかは前報では分からず、今回はそれより更に小さいと思われる IVI を 4 点設定し WB の白みの量を測定した。

今回の白い花びら 2 枚の I_1 で WB の白みの量は I_0 のときに比べて 10 lx の条件で 20% くらい増大した。わずかな物体でも空間認識に貢献し、テスト室の中の色の恒常性が始まったということであり、これはテスト室の認識の度合いすなわち色の恒常性が IVI の量と比例して変化することを示している。また I_1 のようにごく僅かな IVI ですでに WB の白みの量が増えたことは IVI の空間認識への高感度性を示すものである。空間に置かれた物体の色をいろいろ変えたり背景の色を変

えても色の恒常性にはあまり影響しないという実験結果⁸⁻¹⁰⁾やテスト室の物体がほんの少し見えただけでテスト室への色の恒常性が成り立ってしまったという結果⁵⁾は至極当然であったと言えよう。

今回提示した 10 lx 条件での回帰直線は図 5 の左の一番下の直線でその式は Whiteness (%) を W で表せば

$$W = 9.5 \times \text{IVI value} + 3.7$$

である。この式は初期視覚情報 IVI が白みの量で定義できるという可能性を示している。ただ前報でも回帰直線を提案した。それは

$$W = 6.7 \times \text{IVI value} + 5.6$$

であり今回のとは異なる。いずれも直線式であるが傾斜や定数が異なる。しかし最も異なるのは IVI 値の違いである。前報では I_8 の IVI 値は 11 としたが今回は 7.7 である。両データに同じ 7.7 を設定したのが図 5 の右であった。同じ直線でうまく表現できないことは下方に大きく外れている幾つかの点がそれを示している。普遍的な式を得るには更に多くの被験者、多くの照明条件、多くの IVI で採ることが必要である。

今回の W-IVI value の直線を使い、各初期視覚情報の IVI value を入れて白みの量を求めプロットしたのが図 6 である。各点に対応する IVI の絵を図に挿入した。カーネーション 2 本までは大体等間隔で白みの量が増大しているが、それ以上にカーネーションの花の数が増えたりバラの花が加わったり、あるいはもっと物体が増えても白みの量の増大は僅かずつである。照明認識視空間の効果が飽和していくことを示してい

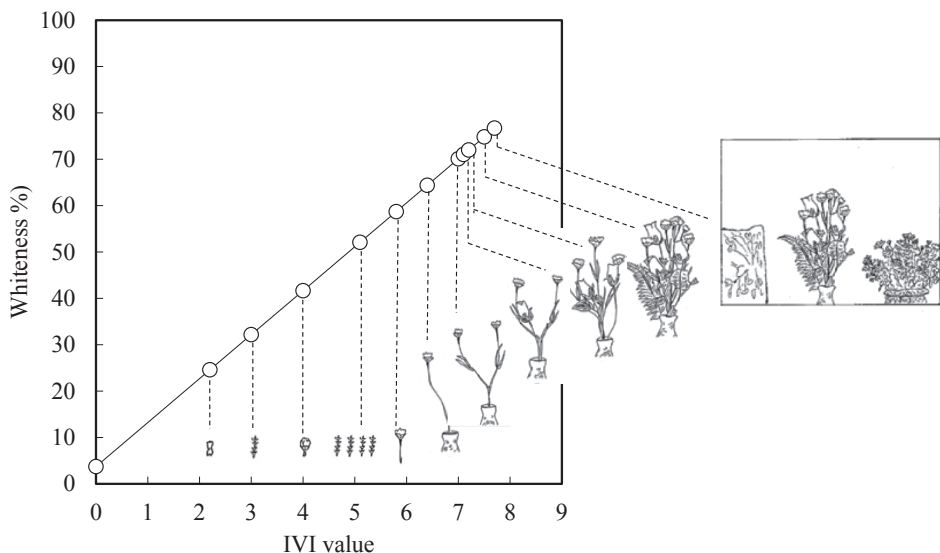


図 6 テスト室 10 lx の場合の白みの量と IVI 値の関係を直線表示したもの。

る。

初期視覚情報IVIは形状の簡単なもの、構成する部分の少ないもの、背景の白色ボードとのコントラストの小さいものなどの観点から順番に選んでいった。白みの量はそれらの順番にしたがって徐々に増大していったからその選定は妥当であったといえる。しかしこれらはあくまでも順番であって番号がそのままIVIの量を表すわけではない。しかし図6はIVIと白みの量を関係づけるもので、白みの量でIVIの値を定義することが出来ることを示している。たとえば一對の白い花びらは25%, 松葉4本は50%, またカーネーション2本は70%のIVI値であるなどと表現することが出来る。初期視覚情報IVIの定量化の一つの方法を示唆したものと考える。

参考文献

- 1) チャンプラバ ポワンスワン, 池田光男: 空間の認識と照明の理解に必要な初期視覚情報, 日本色彩学会誌 39(2015)21-29.
- 2) M. Ikeda, H. Shinoda, and Y. Mizokami: Phenomena of apparent lightness interpreted by the recognized visual space of illumination, Opt. Rev. 5 (1998) 380-386.
- 3) M. Ikeda, Y. Mizokami, S. Nakane, and H. Shinoda: Color appearance of a patch explained by RVSI for the conditions of various colors of room illumination and of various luminance levels of the patch, Opt. Rev. 9 (2002) 132-139.
- 4) M. Ikeda: Color appearance explained, predicted and confirmed by the concept of recognized visual space of illumination, Opt. Rev. 11 (2004) 217-225.
- 5) P. Pungrassamee, M. Ikeda, P. Katemak, and A. Hansuebsai: Color appearance determined by recognition of space, Opt. Rev. 12 (2005) 211-218.
- 6) 池田, 福村: 初期視覚情報の増大による照明認識視空間の形成過程, 照学誌 79 (1995) 392-399.
- 7) C. Phuangsuwan, M. Ikeda, and S. Mooklai: Lightness modification for a photograph to give natural impression as for the real scene, 日本色彩学会誌 38 (2014) 180-181.
- 8) D. H. Brainard: Color constancy in the nearly natural image. 2. Achromatic loci, J. Opt. Soc. Am. A 15 (1998) 307-325.
- 9) J. M. Kraft and D. H. Brainard: Mechanisms of color constancy under nearly natural viewing, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96 (1999) 307-312.
- 10) M. Ikeda, P. Pungrassamee, P. Katemake, and A. Hansuebsai: The Brain adaptation to the color of illumination and not the retinal adaptation to the color of objects that determines the color appearance of an object in the space, Opt. Rev. 13 (2006) 388-395.

(投稿受付日: 2015年12月12日)

(掲載決定日: 2016年2月12日)

著者紹介

チャンプラバ ポワンスワン

Chanprapha Phuangsuwan

2012年チュラロンコーン大学理学部博士後期課程修了理学博士

Color Group of Thailand, Printing Association of Thailand, 日本色彩学会, ラジャマンガラ工科大学タニヤブリ校講師, 同大学Color Research



Centerセンター長

いけだ みつお
池田 光男

1962年米国ロチェスター大学Ph D

日本色彩学会, 照明学会, 日本照明委員会, 日本視覚学会

東京工業大学, 京都大学, 立命館大学, チュラロンコーン大学教授を経て現在



ラジャマンガラ工科大学タニヤブリ校教授。