九州大学学術情報リポジトリ Kyushu University Institutional Repository

Development of research and analysis methods for planning color restriction standards of streetscapes

近藤, 桂司 九州大学大学院芸術工学研究府 デザインストラテジー専攻博士後期課程

https://doi.org/10.15017/20305

出版情報:九州大学,2011,博士(芸術工学),課程博士

バージョン: 権利関係:

第4章 街路景観色彩調査および分析手法

第4章 街路景観色彩調査および分析手法

4.1 本章の目的

本章の目的は、写真分析法によって景観の色彩を把握する手法を構築することである。景観の色彩の個性を明らかにするには、「眺め」としての景観の色彩を把握する必要がある。そのためには、従来から用いられてきた色彩調査手法のひとつである写真分析法を用いることが有効である。本研究では、従来の手法の精度を高めるため、デジタルカメラを用いて撮影した景観画像を統計処理によって補正する。また景観色彩の個性を把握するには、データが知覚的に等歩度になっている必要があるため、カメラに依存する RGB 色空間を均等色空間である CIELAB 色空間に変換する。さらに主成分分析とクラスター分析を行い、その結果を視覚化することで景観色彩の個性の把握を容易にする手法を明らかにする。

4.2 街路景観の撮影と分析

4.2.1 街路景観の撮影方法

撮影条件を統一しなければ、地域の色彩の個性を比較検討することができない。統一すべき条件とは、季節、天候、時刻などが関与する照明の条件とカメラの設定である。撮影条件を統一することによって、撮影の利便性は著しく損なわれるが、光環境の同一性がほぼ確保される。

季節は、植栽の特徴が反映されるよう夏に撮影を行うこととし、そのうちでも比較的天候の安定している8月前半とした。天候の違いも照明条件に大きく影響する。曇天の場合は照明光が散乱光になり色彩の見え方が異なる [4-1]。雲量や雲底の高さによっても照明条件が変わってしまうため、晴れの日の撮影とした。また、信谷ら [4-2] や川瀬ら [4-3]の研究から、正午頃がもっとも色彩の変化が小さいことが明らかになっている。そこで撮影時間は正午の前後1時間とした。

撮影にはキヤノン製デジタルカメラ PowerShot S30 を用いた。撮影

に先立って予備実験を行い、撮影時のカメラの各種設定を検討した。カメラのダイナミックスレンジを十分に生かし、撮影画像の一部が白く飛んでしまったり、あるいは黒く潰れてしまったりすることを避けなければならない。その結果、シャッタースピードを 1/250 秒、絞りをF8.0、感度を ISO50 相当、ズームを広角端、プリセットホワイトバランスを晴天とした。なお、撮影画像の記録フォーマットは、カメラ内で演算処理を行わない RAW データである必要がある。また、おおよその人の目の高さである地上 1.5m から水平方向に街路の長軸方向に向かって、人が歩行する際の道路上の位置から約 50m 間隔(吹屋のみ 10m 間隔)で撮影することとした。

4.2.2 色空間変換

景観色彩の特徴を把握するには、データが知覚的に等歩度になっている必要がある。そのため、デジタルカメラから出力される RGB 値(以下「撮影 RGB 値」という)を CIELAB のような均等色空間の値に変換しなければならない。撮影 RGB 値は個々のデジタルカメラに依存した色空間の値であって、CIERGB 表色系の色空間ではない。したがって、撮影 RGB 値を他の色空間の値に変換するにはデジタルカメラに応じた変換式を求めなければならない。デジタルカメラの CCD センサの分光感度は等色感度ではないため、ルータ条件を満たさない。また、レンズやフィルタの分光感度を知ることは困難である。そこで、色票をデジタルカメラで撮影して得た RGB 値(撮影 RGB 値)と、同じ色票を測色計で測定して得た RGB 値(撮影 RGB 値)と、同じ色票を測色計で測定して得た RGB 値(以下「測色 RGB 位)との間で重回帰分析を行ない変換式を求めなければならない。

測色 XYZ 値を用いる場合,撮影 RGB 値を XYZ 色空間の値に変換し,さらに CIELAB 色空間の値に変換する。この方法では,RGB 色空間から XYZ 色空間への変換は解析的に求められるが,その変換式は XYZ 色空間における自乗距離を最小にするものであり,均等色空間での知覚的な色差を最小にするものではない。これではさらに $L^*a^*b^*$ 値に変換

した場合に誤差が大きくなる危険がある。そのため、本研究では測色 $L^*a^*b^*$ 値を用い、RGB 色空間から CIELAB 色空間への線形変換によって色空間変換を行うこととした。

色票は日本色彩研究所発行の「建築デザイン色票」を用いた。この色票は,無彩色13色,極低彩度色61色,低彩度色175色,中彩度色111色, 高彩度色100色の計460色から構成されている。

この色票を選択した理由は、次の3点の条件を満たしているからである。

- 1. 変換式決定において誤差を低減できるだけの色票数があること
- 2. 建築物の壁面や屋根に使われる色域では、より細かく配列されていること
- 3. 色票の撮影画像を分析できるだけの十分な大きさがあること 画像の色彩管理の物理的評価を行なうためのカラーチャートとして開発された Macbeth color checker は色票数において、また ISO12641

規格の入力ターゲットは色票の大きさにおいてこの条件を満たさない。

色票の撮影は、景観の撮影実験と同じ条件で撮影を行った。色票が配置されたチャートを鉛直に立て、太陽光が正面上方から当たるように固定して撮影した。

撮影データを Adobe Photoshop で無補正で取り込み、チャートの画像から各色票画像の中央部分を 16×38 pixcels ずつ抽出した。次に,アメリカ国立衛生研究所(National Institutes of Health)が配布している画像解析ソフトウェア ImageJ を利用して抽出し,画像全体の RGB 値の平均値を求め,撮影色票の撮影 RGB 値とした。

「建築デザイン色票」にはマンセル値が記されているが,精度の高い表色値を知る必要があるため,接触型色彩色差計 Minolta CR-200 で測定し, $L^*a^*b^*$ 値(測色 $L^*a^*b^*$ 値)を得た。測定には D_{65} 光源を用いて 1 個の色票につき 3 ヶ所を測定し,平均値をその色票の表色値とした。

次に撮影 RGB 値と測色 $L^*a^*b^*$ 値の間で重回帰分析を行い、次の回帰式を得た。分析には SAS Institute の JMP Statistical Discovery Software を用いた。



↓ トリミング



↓ 空, 自動車, 自転車, 人, 信号機の削除



↓ 画素の間引き



↓ データをテキストとして抽出



↓ 回帰式による色空間変換



図 4-1 景観画像の処理手順

 L^* =0.119994 r +0.3627187 g -0.017124 b +11.422072 a^* =0.3987513 r -0.694875 g +0.2595134 b +2.0097267 b^* =0.262 r +0.4601007 g -0.788825 b +0.3817523

いずれも決定係数は 0.97 以上, 危険率は 0.0001 未満であった。また, 回帰式を用いて求めた $L^*a^*b^*$ 値と測色計で実測した測色 $L^*a^*b^*$ 値との 誤差(残差)は、平均 3.1,標準偏差 1.9 であった。

4.2.3 景観画像の処理

景観画像の処理や分析は、図 4-1 に示した手順ですべてコンピュータ上で行った。撮影した景観画像の RAW データを Adobe Photoshopで無補正で開き、景観画像の中心部を 1,800×1,350pixels の大きさにトリミングした。このトリミングにより水平画角は 42°となった。次に偶発的影響を避けるため、空、信号機のランプ、車両、歩行者の部分の画素の RGB 値を手作業で r=g=b=0 に置換した。このように置換することで、統計処理の際にこの値をもつ画素を処理対象から除外することができる。なお、撮影した景観画像には r=g=b=0 の値をもつ画素は存在しなかった。このままでは画素数が大きく統計処理に膨大な時間を要するため、ニアレストネイバー法によって画素数を 1/4 の 607,500 画素に減じた。

得られた景観画像をBMPフォーマットで保存し、画像解析ソフトウェア ImageJ を利用して RGB 値をテキストデータとして出力した。このテキストデータを前項で求めた回帰式によって $L^*a^*b^*$ 値に変換した。

4.2.4 クラスター分析

数値化された分析結果だけでは、どのような色が多く分布しているか という直感的な把握が困難である。何らかの方法で分布状況を視覚化す ることが必要である。

まず、三次元の CIELAB 色空間を互いに独立した有限個の閉領域に

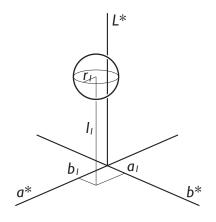


図 4-2 クラスターの三次元モデル

分割し、それぞれの領域に含まれる画素の個数とその領域の代表値で景観画像の色彩分布の特徴を表す方法が考えられる。CIELAB 色空間にマッピングされた景観画像の画素は L^* 軸近傍に集中している。集中の仕方の違いを表現するには分割の間隔を狭くしなければならないが、そうすると今度は L^* 軸近傍の閉領域の数が膨大になり直感的な把握を困難にしてしまう。領域のレンジを L^* 方向には等差数列に、 a^* 、 b^* 方向には等比数列にとることで、 L^* 軸近傍のみをより細分化する方法も考えられる。しかし、閉領域の大きさが統一されていないのでは分布の偏りを直感的に把握することができなくなる。

そこで、三次元の CIELAB 色空間にマッピングされた景観画像の画素をいくつかのクラスターに分割する方法をとることとした。各クラスターの表示方法を図 4-2 に示した。ひとつの球がひとつのクラスターを表しており、球の中心がクラスターの平均の表色値、球の半径がそのクラスターに包含される画素の割合(注 1)に対応している。この図の場合では、表色値(I_I , a_I , b_I)を平均値とするクラスターに全体の r_I %の画素が含まれていることを表している。

4.2.5 クラスター数決定のための予備実験

クラスター分析では、クラスター数をいくつに設定するかが重要な問題となる。逐次クラスター化という手法を用いることで、初期値を与え

ず対話的に作業を進め、結果を得る研究も発表されている [4-4]。初期値を与えないため、得られる結果の客観性が増すことは確かであるが、まだ研究途上であり、また統計処理ソフトとして市販されていないので、利用は困難である。

本研究では、クラスター数を変えながら各クラスターの代表色を三次元表示し、分布の特徴を抽出に最適なクラスター数を検討した。予備実験では、検討するクラスター数を 10,20,25,30,35,40,50 とし、k-means 法による分析を行った。分析に使用した景観画像は広島県福山市元町と福山市鞆町、岡山県高梁市成羽町吹屋の3画像である(注2)。図 4-3~図 4-5 に景観画像を、また、図 4-6 にクラスターの三次元表示を示す。

クラスター数を 10 とした場合,一つ一つのクラスターが大きくなりすぎ,景観による色彩分布の違いが曖昧になっている。また,クラスター数を 30 以上に増やしても可視化した分布形状に大きな変化は見られない。クラスター数 20 ~ 25 では,景観によっては可視化した際の形状が変化している。クラスター数 30 までは代表色の分布形状が変化し、それ以上はほとんど変化しないことから、クラスター数を 30 とすることが妥当であると考えられる。



図 4-3 福山市元町の予備実験景観画像



図 4-4 福山市鞆町の予備実験景観画像



図 4-5 高梁市成羽町吹屋の予備実験景観画像

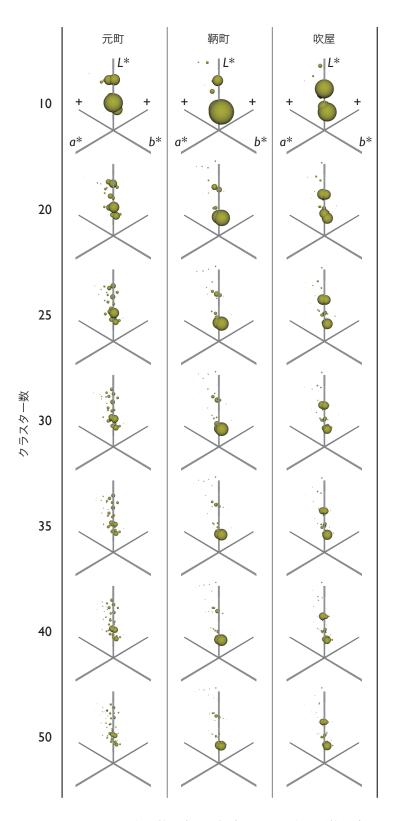


図 4-6 クラスター数を変えた場合のクラスター形状の違い

4.2.6 主成分分析、分散分析と偏差十字体

クラスター分析によって,景観画像中にどのような色彩が多いかが視覚的に把握できるようになった。次に色彩のばらつきや分布のひろがりの方向性の特徴を把握するために,主成分分析および分散分析を行った。平均値をm,固有値を λ_1 , λ_2 , λ_3 ($\lambda_1 \ge \lambda_2 \ge \lambda_3 \ge 0$),対応する固有ベクトルを v_1 , v_2 , v_3 とすると,これらの統計量は次のように定義される立体で表現できる。

中心: m

長軸, 中軸, 短軸: V_1 , V_2 , V_3

長辺, 中辺, 短辺: $2\lambda_1$, $2\lambda_2$, $2\lambda_3$

この立体を「偏差十字体」と呼ぶこととし、そのモデルを図4-7に示す。 v_I は第一主成分の固有ベクトルであり、このベクトル方向に色彩が最もばらついていること示している。景観画像では日照の関係で明暗差が大きいため、 L^* 軸方向に第一主成分固有ベクトル v_I が現れ、縦長の偏差十字体となる傾向がある。色度のばらつきが小さいほど、偏差十字体は細長くなる。反対に景観画像中の色彩のバラツキが大きいと、偏差十字体の幅は広くなる。

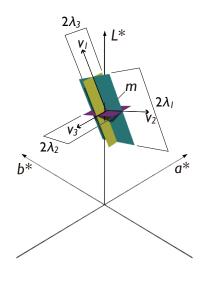


図 4-7 偏差十字体のモデル図

4.3 外壁色および屋根色の抽出と平均

景観は外的環境をある位置から見た「眺め」であるから、見る位置、すなわち視点が変化すると「眺め」は異なったものになる。景観によっては特定の視点から特定の方向を眺めたもののみを扱う場合もあるが、都市景観をコントロールする目的で景観の個性を知るには、一点からの「眺め」ではなく、景観を見る人間の移動に伴う複数の「眺め」を分析の対象とすべきであろう。

本研究で扱った街路の場合は、人間は街路に沿って線的に移動する。 その移動に伴って変化する「眺め」を撮影した複数の景観画像データを 統合して統計処理することで、街路景観の特徴を把握することができる と考えられる。

本研究では、景観画像 1 枚 1 枚の分析とは別に、各街路の全ての画像 データを統合したもの(以下「統合データ」という)を統計対象として クラスター分析と主成分分析を行い、街路全体の平均値を得た。さらに、 外壁部分と屋根部分を各景観画像からそれぞれ手作業で抽出し、それら のデータをそれぞれ統合し、クラスター分析と主成分分析を行った(図 4-8)。

これらの作業により、次の3種類のデータを得ることができた。

- ・統合データ全体のクラスター分析結果と主成分分析結果
- ・統合データの外壁色のクラスター分析結果と主成分分析結果
- ・統合データの屋根色のクラスター分析結果と主成分分析結果

4.4 4章のまとめ

本章では、デジタルカメラを用いた写真分析法によって景観の色彩を 把握する手法を構築することができた。景観行政団体が色彩の規制基準 を策定する際に、景観の色彩を容易かつ安価に把握する手法を構築する ことができた。デジタルカメラを測色器の代用とする研究はいくつか行 われているが、その精度に問題があった。従来は誤差(残差)が「数十 に及ぶこともあり」(注 3)、実用には堪えなかった。本章で構築した手 法では誤差は 3.1 であり、最近の他の研究結果と比べても精度の高い手

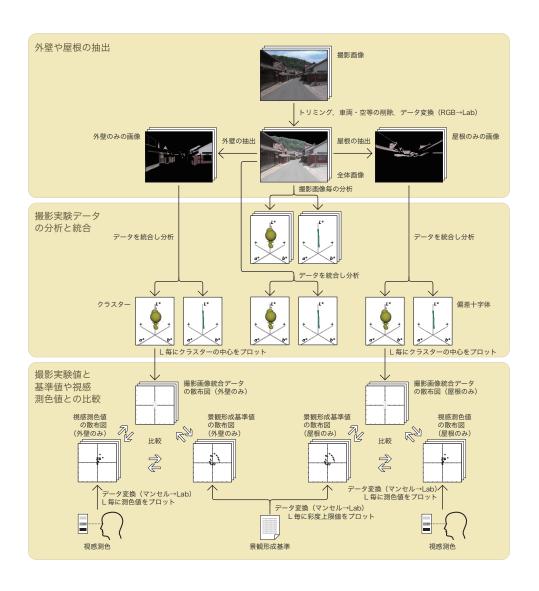


図 4-8 外壁や屋根の抽出およびそれらの統合と分析のフロー

法であるといえる (注4)。

高精度の手法を構築できた理由として、第2章で得られた既往研究の 知見から、安定した照明状態を確保できる撮影条件を統一したこと、一 般的な色票ではなく建築用色票を用いて色空間変換を行ったこと、カメ ラ内で演算処理が行われない RAW データを用いたことなどがあげられ る。

さらに本章では、データの分析とその結果の視覚化についても独自の 手法を構築することができた。データの分析では、景観中にどのような 色彩が多く存在しているかを把握するにはクラスター分析が有効である ことがわかった。街路景観の場合はクラスター数を 30 とすることで、 色彩の特徴をより的確に捉えることができることも明らかになった。色 彩のバラツキの特徴を把握するには主成分分析が有効であることもわ かった。その主成分分析結果を筆者が考案した「偏差十字体」という表 現方法で視覚化することにより、景観色彩のバラツキの大きさと方向を 直感的に把握することが可能となった。

これらの分析は、撮影した景観画像1枚1枚について行い、特定の位置からの眺めた景観の色彩を分析することが可能である。また、ひとつの街路の景観画像のデータを統合して分析することによって、その街路の平均的な色彩の特徴を把握することもできる。

付記

本章は、筆者の以下の研究論文の内容を敷衍したものである。

「都市景観の色彩の特徴分析―色彩情報の計量分析と分布の表現方法―」 日本色彩学会誌, Vol.29 No.1, pp.50-57, 2005

「デジタル画像による街路景観色彩の特徴分析」日本色彩学会誌, Vol.34 No.1, pp.50-57, 2010

注および参考文献

注

- (注1) その景観画像中の全画素数に対する割合。
- (注2) 予備実験で使用したデジタルカメラは第4章で述べる本実験で使用したものとは別のものであるが、同様の手順で撮影や補正及び色空間変換を行っている。なお、分析対象とした景観画像のトリミング後の大きさは480×640pixelsである。
- (注3) 尾崎敬二:デジタルカメラ RAW モード画像の色再現特性, 日

- 本色彩学会画像色彩研究会 2004 年度研究発表会論文集, p.56, 2005
- (注 4) 尾崎敬二は前掲論文で誤差 6.2 の結果を良好な結果であると している。

参考文献

- [4-1] 川瀬由弘,村上基宏,原田昌幸,亀井栄治,久野覚:街路景観の色彩評価に関する研究~(その1)街路景観色彩の時刻・季節・天候・撮影ポイントによる変化~,日本建築学会東海支部研究報告集第36号,pp.509-512,1998
- [4-2] 信谷元治, 西野誠時, 飯島祥二:景観色彩における輝度・色度の天候と時刻による色彩の測定, 日本色彩学会誌 Vol. 21 Supplement, pp.64-65, 1997
- [4-3] 川瀬由弘,村上基宏,原田昌幸,亀井栄治,久野覚:街路景観の色彩評価に関する研究~(その1)街路景観色彩の時刻・季節・天候・撮影ポイントによる変化~,日本建築学会東海支部研究報告集第36号,pp.509-512,1998
- [4-4] 小林光夫:画像の有限色近似に対する数理的考察とLBGアルゴリズムの適用,情報処理学会第46回全国大会講演論文集,pp.365-366,1993