論文

ファジィクラスタリングを用いた 都市内道路網の色彩評価に基づく イメージ分析[†]

秋山 孝正^{*1} 片桐 雅之^{*2}

都市内道路網は都市の骨格を形成する土木構造物であり、都市全体のイメージを規定する重要な要因である。具体的な都市の路線計画においても、道路網の持つ意味論的な側面からの分析が必要である。すなわち、道路利用者・計画者においては道路は路線単位として認識されている。そしてこの各路線が集合体として道路網が形成されている。ここでは岐阜市を対象として、都市内道路網の色彩評価を利用したイメージ調査を行った。都市内道路網イメージと地域の風土特性との整合性を中心に考察を行うため、ファジィクラスター分析を行った。現象面と生成イメージの関係を調べることで、道路網が形成する精神的都市環境を知る方法の端緒が示された。さらに、遺伝的アルゴリズムを用いて色彩イメージの最適な組み合わせを抽出し、道路網に期待されるイメージ構成を検討した。

キーワード：色彩イメージ、都市内道路網、イメージ調査、ファジィクラスター分析、ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズム

1. はじめに

一般に大規模土木構造物は、都市基盤を形成するだけでなく、長期にわたる都市活動の場所を提供する施設であるといえる。したがって、都市における土木構造物は、精神風土の意味からも人々の生活と密着した都市イメージを形成する重要な要因でもあるといえる。

本研究で対象とする都市内道路網は、都市構造の骨格を形成する代表的な土木構造物であり、また地域住民の生活基盤を確保するものである。

このようなことから、具体的な都市の道路網計画においても、当該道路網の持つ意味論的な側面からの分析が必要不可欠であると考えられる。これは道路網と都市活動、歴史・文化との関係を積極的に道路網計画に取り入れようとする試みである。すなわち、道路は周辺地域環境と密接に関係し、地域イメージを形成する。これは、経済規模などの点で同一路路構造が求められる場合においても、地域性を考慮した修正が必要であることを示している。

ここでは地方中核都市である岐阜市を対象として、道路網についての「イメージ評価」を行う。特に道路網のイメージ形成を構造的に把握するため、色彩評価

を利用する。すなわち色彩評価は、イメージを抽象化できるうえ、既存の色彩論における研究成果を利用できることから、道路網イメージを工学的に検討するための定量的方法として優れると考えたものである。

すでに同種のイメージ研究は、都市高速道路網に関して行われており、道路網のイメージ構成と対象地域との関連性が分析されている^{1),2)}。これらの研究では、言語としての「色彩イメージ」を用いて、震災前の阪神高速道路の各路線のイメージ構成を分析するとともに、地域の「色彩イメージ」との関連性を整理している。この際、「色彩イメージ」を言語として表現した点で直接的な心理表現が難しい部分もあった。

以下ではこれらの研究の成果を踏まえ、とくに、色紙などの色彩表示を直接用いて、地方都市における都市内道路網に着目し、イメージ調査とデータ解析を中心に「道路網イメージ」を整理する。この結果、イメージから見た当該都市の道路網の役割とそのあり方（いわゆる将来への計画理念）を考察することができる。この結果、現行の計画プロセスでは、明示的でない利用者の深層意識の表現方法として、計画者に対して基礎資料を与えることを意図している。

2. 色彩による都市内道路網のイメージ表現

2.1 道路網イメージ分析の意義

一般に道路網計画の検討においては「交通量」や「交通容量」など沿道条件や交通状態を表現する物質的な指標が用いられることが多い。機能的・効率的な道路網形成を目指すためには、極めて合理的な手順である。

[†] The Image Analysis of Urban Road Networks Through the Colour Evaluation by Using Fuzzy Clustering
Takamasa AKIYAMA and Masayuki KATAGIRI

^{*1} 岐阜大学工学部土木工学科

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
Gifu University

^{*2} 岐阜県岐阜土木事務所岐阜環状線建設課

Gifu Loop Highway Construction Division, Public Works
Office, Public Works Department, Gifu Prefecture

こうした工学的な計画指針に加えて道路網から与えられる都市イメージ形成に関連する配慮を前提とした計画指針の作成を試みるものである。

通常、都市の事物に対する「イメージ」は、様々な要因や現象が人間に訴え、心理的作用を通じて形成されるものである。したがってイメージ形成に関する分析を実行するためには、「心の像」であるイメージを「何らかの形式」で表現する必要がある。いわゆるSD法などで、イメージを言語を媒介として表現する方法は、最も一般的である。しかし言語に変換されたイメージから道路網の全体構成を検討することは難しい。そこで、イメージに内在する抽象的な意味を具現化する一方法として「色彩イメージ」を考えた。これは色彩によるイメージの高度な抽象化をめざしたもので、イメージの解析的な意味での細分化をするためではない。すなわち抽象化によって、より深層的なイメージ表現をしようとするものである。

「色彩」は心理学的には、様々な人間の心理状態を表す指標となるとされている。これは我々の体験(気分の動きや思考、判断)が「多少とも感情的色彩を帯びている」ことによる。色が抽象的概念を象徴し「紅の涙」「白い道」などの表現も可能である^{3),4)}。これは、人間の心理表現の一つとして「色彩」が利用可能であることを示している。そして、これは共通性、普遍性を持った表現形態であるともいえる。一方、色彩から与えられるイメージもある程度の整理がなされており、たとえば「赤」は危険・活動的な意味を、また「青」は静寂・神秘的を表すとされる⁵⁾。

2.2 主要道路網の抽出

つぎに、岐阜市を対象として「道路網イメージ」を

図-1 本研究での道路網

考察する。道路網に対して「道路法上の分類」と「道路網計画上の分類(行政上の分類)」が存在しており、これらは必ずしも同一ではない。したがって、道路網を一意的に定義することは難しい。ここでは「道路法上の分類」の国道・県道に相当するものを取りあげ、路線名称は行政上用いられている「主要地方道」の呼称を用いた。この分類法によって、岐阜市の道路網イメージを代表できる17路線が抽出されたものと考えられる。図-1に、これら各路線の具体的な位置と名称を示す。これより分かるように、岐阜市の道路網は、岐阜環状線と中心部に連結する放射状の道路網で構成される典型的な形状をとっていることがわかる。

3. 都市内道路網の色彩イメージ評価

ここでは、まず都市内道路網のイメージを抽出するための道路利用者に対する意識調査を行った。一般的に道路網は、国道、県道などの路線の集合体で定義される。すなわち対象道路網に対する路線イメージの構成を色彩評価を中心に把握するためのものとした。

具体的な「イメージ調査」では、各路線の「利用頻度」・「イメージ色彩」・「色彩を選んだ理由」・「色彩に付すべき形容詞」を質問をしており、路線イメージを多面的に抽出できるように設計した。また調査対象者は、岐阜市在住の37名(うち岐阜大学学生28名:男性23名,女性14名)であり、アンケート調査用紙を配布・後日回収する形式(実施時期:平成6年11月下旬)とした。簡単に意識調査の集計結果について紹介する。

まず各路線に付された「イメージ色」を路線ごとに集計した(表-1)。

表-1 各路線の色彩イメージ集計結果(上位2色)
単位 (%)

① 国道21号	あざやかな赤(23.5)/灰(20.6)
② 国道156号	白・灰(17.6)
③ 国道157号 (I)	灰(27.3)/黄赤・暗い紫みの青(15.2)
④ 国道157号 (II)	くすんだ黄みの赤(20.6)/灰(17.6)
⑤ 国道248号	あざやかな赤・灰(18.2)
⑥ 国道256号	くすんだ青みの緑(21.2)
⑦ 岐阜南濃線	くすんだ黄みの赤(15.2)
⑧ 岐阜垂井線	くすんだ黄みの緑・灰(15.6)
⑨ 岐阜関ヶ原線	灰(22.6)/暗い青緑(9.7)
⑩ 岐阜環状線 (I)	青(20.6)/暗い青緑(17.6)
⑪ 岐阜環状線 (II)	あざやかな黄(18.2)あざやかな赤(15.2)
⑫ 岐阜大野線	灰(15.6)/あざやかな黄・暗い青緑・薄い赤紫(9.4)
⑬ 岐阜県南大野線	くすんだ黄みの緑(14.7)/くすんだ黄みの赤・黄赤・暗い青緑(11.8)
⑭ 岐阜羽島線	灰(15.6)/黄赤(12.5)
⑮ 忠節橋通り	暗い青緑(15.6)/灰(12.5)
⑯ 金華橋通り	灰(27.3)/黄赤(15.2)
⑰ 長良橋通り	紫みの赤(14.7)/黄赤・青(11.8)
	青(20.6)/あざやかな赤・暗い青緑・暗い緑みの青・濃い青(8.8)

ここで「イメージ色」は、色彩名称ではなく、具体的に 20 種類の色相・明度・彩度の異なる色紙(白・黒・灰を含む)を調査票上で提示し、最も感覚的に適合するものを選択させた。これは「色彩」の持つ抽象的イメージを直接的に規定することを考慮した方法である。なお表-1では、求められた各色彩に対応する JIS 名称で示している。これらの路線は、いずれも道路網構成上、重要な機能を持つ路線であり多数の者が日常的に十分認知しているものと考えられる。その意味で利用者イメージが集約でき、統一的な色彩が抽出できるものと思われる。

この結果、特定の色彩に回答が集中したもの(20%以上)を挙げると、国道 21 号線:「あざやかな赤」、国道 157 号線(I)・忠節橋通り・岐阜垂井線・国道 21 号線:「灰」、国道 157 号線(II):「くすんだ黄みの赤」(以下では、この色彩の議論を簡単にするため、慣用色名:「茶色」によって表記する)。また国道 256 号線:「くすんだ青みの緑」、長良橋通り・岐阜関ヶ原線:「青」となっている。

各路線との関係を定性的にみると、たとえば国道 21 号線の「混雑と危険性」、長良川沿線の「親水性」などが表れたものと考えられる。

また上記の質問と同時に、利用者が各路線に付した「色彩イメージ」の意味づけを「形容詞」で表現させた。この回答にあたっては、あらかじめ「色彩」の意味に対応すると思われる 36 個の「形容詞」群より、各道路イメージに適したものを上位 3 つ選択する形式とした。これより、多義的ではあるが各色彩の意味する具体的なイメージを知る(言語的解釈する)ことができ

る。各色彩ごとの集計結果を表-2に示す。ここで表中の「出現数」とは全回答のいずれかの箇所にあらわれた「色彩」の出現回数の総計を示す値である。なお本表では、第 2 位以降の頻度はきわめて少数となるため第 1 頻度のみ取り上げた。

この表より、色が一般的に持つとされる「意味」と道路網の路線イメージ表現としての「色の意味」の間に相違が存在することがわかる。たとえば「青」は通常「静寂・神秘性」を表す色とされるが、ここでは「開放的」「明るい」などの形容詞が表れている。また「灰」はふつう「曖昧性」を示すとされるが、ここでは「危険な」という意味が多数である。つまり、色彩の意味するものが道路網を対象としたことで、道路の走行性・安全性・快適性などに対応したものとなっていることがわかる。

また、本表の合計欄から任意の路線に対する色彩イメージの頻度がわかる。ここでは「灰」(234)イメージの路線が最も多く、さらに、マイナスイメージの「危険」と評価された路線が多数存在することがわかる。同様にして「くすんだ黄みの緑」(意味:「開放的」)、「黄赤」(意味:「活動的」)とされる路線が多数存在し、こうしたプラスイメージが現れていることがわかる。

4. 都市内道路網のイメージ形成

つぎに、各路線イメージの類似性に基づく、路線の類型化を行って、イメージの整理を行う。都市道路網は各路線の集合体であり、道路網イメージはこれらの類型化された路線イメージの階層構造で表現できると考えた。つまり上記で得られた路線ごとの「色彩構成比」(回答数ベクトル)により複合的な色彩イメージを表現していると考え、このイメージに対する色彩構成データに基づいて、路線イメージ分類を行うため「クラスタ分析」(ワード法)を実行した。この結果をデンドログラムとして示したものが図-2である。

これより、各路線を①赤路線(5路線:G-1)、②灰路線(6路線:G-2)、③茶路線(3路線:G-3)、④青路線(3路線:G-4)のグループに大別できることがわかる。これらは前述の単純集計の結果からも、推測可能なグループであることがわかる。

すなわち、G-1は「地方間相互の連絡路線」で岐阜市内に通過交通を持つものが多く、G-2は全路線が岐阜南部に位置し「南延する路線群」である。また G-3は「郊外部へ延伸する放射路線」が多く、さらに、G-4は「都心部との結節路線」である。

クラスタ分析では、明確な境界線を入れるが、境界部に存在するデータをいずれか 1 つのクラスタの

表-2 路線色彩の意味を表す形容詞(頻度上位1種類)

色彩名	出現数	抽出された形容詞(回答数)
あざやかな赤	120	危険な(22)
くすんだ黄み赤	99	古い(13)
黄赤	132	活動的な(16)
くすんだ黄赤	87	活動的な・地味な(6)
あざやかな黄	87	明るい(11)
黄	60	恐怖感のある(7)
くすんだ黄みの緑	135	開放的な(14)
くすんだ青みの緑	102	穏やかな(10)
暗い青緑	129	解放感のある(9)
暗い緑みの青	57	地味な(10)
青	126	開放的な(11)
濃い青	81	開放的な(7)
暗い紫みの青	72	暗い(8)
暗い青紫	51	陰気な(8)
くすんだ青みの紫	39	恐怖感のある・にぎやかな(4)
紫みの赤	39	華やかな(5)
薄い赤紫	27	危険な・複雑な(3)
白	84	すっきりした(8)
灰	234	危険な(26)
黒	66	危険な・複雑な(9)

みに完全に帰属させることは、無理がともなう場合が多い。そこで境界部のデータは、複数のクラスターに少しずつ帰属することも許されるように定式化した「ファジィクラスター分析」を実行した⁶⁾。ファジィクラスター分析の場合も前述のクラスター分析と同じデータを用いた。すなわち、各個体(路線)の色彩イメージ構成比(回答数ベクトル)であり、20変数のデータに相当する。アルゴリズムには、Bezdekらによるファジィ c -means 法を用いた⁷⁾。これは分割最適型の分類手法で、クラスターの等質性基準としてクラスター内平方和を用い、これを「重み付き最小2乗法」の問題として扱い、重みとして適当な帰属関数を王決する反復手法である。

この方法を簡単に説明すると、 n 個の個体を c クラスターに分類する場合、個体 k のクラスター i への帰属度 u_{ik} は以下の条件を満たすものである。

$$u_{ik} \in [0, 1] \quad 1 \leq i \leq c, 1 \leq k \leq n \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \quad 1 \leq k \leq n \quad (2)$$

$$0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n \quad 1 \leq i \leq c \quad (3)$$

なお、 $c \times n$ 行列 $U = [u_{ik}] (i=1, \dots, c, k=1, \dots, n)$ は、上の3式を満たせば、ファジィ c 分割(fuzzy c -partition)となる。

帰属度の決定においては、つぎのような目的関数 f を用いる。

$$\min_{U \in M_{fc}} f_m(U, \{U, \{\chi_k\}, \{v_i\}\}) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m \| \chi_k - v_i \|^2 \quad (4)$$

U : 分割行列

M_{fc} : ファジィ c 分割行列の集合

図-2 クラスター分析結果

χ_k : 個体 k のベクトル

v_i : クラスター i の中心ベクトル

m : 重みパラメータ

ここで目的関数の最小化アルゴリズムにおいては、帰属度の値を繰り返し計算によって決定する。このアルゴリズムの詳細については省略する。

収束判定は収束判定基準 ϵ を設定し、

$$\|U^{(t+1)} - U^{(t)}\| \leq \epsilon \quad (5)$$

を満たすときに終了とした($c=4$, $m=1.5$, $\epsilon=0.001$)。また計算における初期分割行列は乱数により設定した。

この分析により各路線の各クラスターへの帰属程度を比較し、孤立点や中間点を明確にすることができる。本研究では、色彩の構成割合がデータとなっており、各色彩が平均的に含まれると各クラスターの間間的な位置になる。その意味で、ここでは「中間点」と考えることができる。この算出結果(表-3参照: 4グループ)はさきの「クラスター分析」の結果を内包する形で、帰属度表示として得られる。帰属度の値が特定クラスターに対して、0.5を超過する路線を斜線で示している。

本表より、いくつかの特徴的な路線が抽出できる。調査より得られた色彩構成に基づく類型化であるため、各グループは色彩イメージ構成が類似した個体(路線)により形成される。したがって、想起される特徴的な色彩イメージを分類上の表現に用いることができる。たとえば、クラスター分析では「赤路線」に属する「岐阜環状線(Ⅰ)」と「茶路線」に属する「岐阜南濃線」

表-3 ファジィクラスター分析結果

路線名	G-1	G-2	G-3	G-4
国道212号	0.726	0.128	0.062	0.085
国道156号	0.130	0.402	0.189	0.279
国道157号(Ⅰ)	0.700	0.191	0.063	0.046
国道157号(Ⅱ)	0.181	0.208	0.519	0.062
国道248号	0.684	0.212	0.070	0.034
国道256号	0.016	0.053	0.878	0.053
岐阜南濃線	0.104	0.406	0.278	0.212
岐阜垂井線	0.060	0.855	0.056	0.030
岐阜関ヶ原線	0.024	0.077	0.096	0.802
岐阜環状線(Ⅰ)	0.258	0.428	0.173	0.142
岐阜環状線(Ⅱ)	0.079	0.819	0.071	0.031
岐阜大野線	0.048	0.131	0.710	0.110
岐阜県南大野線	0.089	0.803	0.066	0.042
岐阜羽島線	0.044	0.574	0.257	0.125
忠節橋通り	0.889	0.065	0.029	0.018
金華橋通り	0.020	0.046	0.046	0.889
長良橋通り	0.011	0.019	0.018	0.951

が、ここでは特定のクラスターに属さない中間点として存在する。具体的には、前者は「灰路線」と「赤路線」の中間的位置であることがわかる。

5. 路線色彩イメージの組み合わせによる評価

5.1 路線色彩と都市内道路網評価

つぎに都市内道路網全体としてのイメージの把握を考える。実際には、意識調査結果より得られるものを基本とする。つまり、道路網の地理的な位置関係(道路網図)とそこに付された色彩から得られる道路網に対する「道路網全体の空間構成イメージ」を表現できるものと考えた。これは、道路網が各路線の集合として得られることに着目し、各路線のイメージ色を平面図上で組み合わせることによって、岐阜市道路網全体に対する評価を行おうとするものである。

まず現行道路網図に第3章の調査で得られた路線色彩を配色する(1位となった色彩)。これを現行の「イメージ構成図」と考える。この場合被験者は図面上の配色に着目して解答する。本図面では、模式的ではあるが、ほぼ路線配置を正確に表している。したがって、図面に対する評価はイメージ空間上で行われるが、これを現実的な意味空間に投影しても、ある程度の路線網イメージ表現されるものと考えた。

つぎに環境計画的な意味から道路網イメージ構成を検討するため、将来の「イメージ構成図」を作成することを考えた。このとき、計画論的に重要でさらに将来的に各種対策の実行が可能であると考えられる路線を抽出する。ここで「岐阜環状線」は将来的な道路網

を考慮して完成時を想定した路線とした(環状に延伸した状態)。このようにして、将来の都市道路網のイメージ配色図を図-3のように設定した。

上述した将来変化を考慮して、イメージが将来に渡り比較的固定されると思われる路線は、色彩イメージを変更しないものとした。すなわち、将来計画とイメージ変化を設定する路線として、「国道21号」・「国道248号」・「岐阜環状線(I)」・「岐阜環状線(II)」・「忠節橋通り」・「金華橋通り」・「長良橋通り」・「岐阜環状線(III)」の8路線を取り上げた。これらを図中では「変化路線」として示している。

また、将来の道路網に対するイメージ調査にあたって、配色する色彩として色相の基本色である「赤」・「黄」・「緑」・「青」・「紫」と無彩色から「白」・「灰」・「黒」の8色を用いた。第3章では多様な色彩イメージを得るため、20色を用いたが、ここでは「組み合わせ」の煩雑さを考慮して、これらを統合した基本色8種類としている。

しかしながら、現行イメージからの上記のような変化に対応する全ケースについて、アンケート調査を行い評価を得ることは不可能である(組み合わせ総数： $8^8=16,777,216$)。そこで、少数のデータから評価値を推定する方法を検討した。すなわち、全組み合わせの中からランダムに40通りの「路線色彩の組み合わせ」を設定し、色彩配色図としての評価を質問するものである。

ここで、「色彩調和」の意味から3種類の評価項目を与える。この点では、既存研究より「好感度」・「美しさ」・「まとまり」の3要素が大きく関与すると報告されている⁸⁾。そこで本研究では、被験者に色彩構成に対してこれらの3項目とさらに「総合的評価」をそれぞれ100点満点で採点させた。

具体的な調査にあたっては、CRT画面上に連続的に「配色路線図」を表示し、4名(岐阜大学学生)の被験者に各図面を評価させ、各項目とも被験者の平均値によって評価点とした。具体的には、それぞれの被験者に40枚の冊子で構成される「路線配色」を配布し、順をおって採点をしてもらう方法をとった。したがって、各被験者の評価順序は一定である。また回答時間も各人の判断に委ねており、各被験者はそれぞれ十分に評価を与えた結果が示されている。

一般的に、このような評価は専門家に委ねる方法もある。これが可能な場合には数名の専門家で意見を収束させることができる。ここでは、これを擬似的に遂行するため常識的判断が可能な数名という視点から被験者を設定した。このような場合統計的分析を念頭におけば、さらに多数の被験者が必要であることはいう

図-3 将来の都市道路網のイメージ配色図

までもない。ここでは、各被験者の評価結果が概ね同様の傾向を示していることから、利用可能なデータと判断した。

各評価項目に対して、得点の高い上位3種の組み合わせを表示したものが表-4である。この表では、評価のための3項目の他に、総合得点を求めており(最上行)、この場合の評価値は3項目の合計得点を記入している。本表中においても、JIS 色彩名称を用いて表示している。

これより、色彩イメージからみた構成論を検討することができる。総合評価の最も高い「組み合わせ」(番号:16)は「好感度」・「美しさ」の視点からも最高得点となっている。特に「好感度」の評価が他の代替案に比べて高いが、これは有彩色のみが配色されていることによるものと推測される(白・黒がない)。

また、このイメージ調査から得られた最高得点となった「路線配色図」をみると、環状線の新規路線(路線18)が「緑」となり、形態的な安定感に加えて、色彩の調和を与えている。また東西方向の幹線である国道21号線(路線1)が、「青」であり、道路網全体の「美しさ」を規定するものとなっているようである。また、岐阜市内の対照的な幹線道路網としての「忠節橋通り(路線15)」・「金華橋通り(路線16)」・「長良橋通り(路線17)」がそれぞれ、異なる色彩となり、またこれらの周辺路線がさらに異なる色彩が与えられていることは、個性的路線による構成の必要性を示すものであるといえる。ここでは、色彩表現された個別の路線イメージを、各色彩を持つ幾何学的な構成全体を評価したものを道路網全体の評価と考えた。したがって、まず全体的な評価を得て、それらが各路線イメージと関連づけられるかを分析する。その結果から、色彩調和としての意味づけを考える。

本表中にある上位の「色彩組み合わせ」は、いずれ

も色彩の種類が比較的少なく、隣接する路線が同一色となる傾向がある。本研究では、路線イメージを色彩として抽象化し、さらにこの色彩の組合せとしての評価を道路網全体の評価と考えている。この場合、最終評価は色彩イメージに対するものであり、これを単純に路線イメージに対応づけることは難しい。したがって、配色から知られる路線構成に関する意味づけは計画者の類推によるところが大きいが、それはひとつのイメージ構成への提案となると考えた。そこでこの例の場合には、これは、配色としての「部分的な統一性」とそれらの「大局的な色彩調和」が配慮されているものと考えた。つまり、道路網構成としては地域的な路線特徴の相違と地域相互の関係性との適合性がイメージ形成においても重要であることがわかる。

5.2 色彩の組み合わせによるイメージ評価

つぎに、多数の色彩組み合わせから「評価点」の高いものを抽出することにより、道路網に期待されるイメージ構成を検討する。

ここで本例のような人間の認知が介在し、高度な非線形構造を持つ評価関数では、最適解(評価の高いもの)を抽出することは難しい。そこで同種の問題に適用性の高い遺伝的アルゴリズム(GA)により最適解を探索する⁹⁾。

ここでは、路線色彩イメージの組み合わせに対する評価点をGAにおける「適応度」と考える。路線色彩イメージの組み合わせと評価点の関係のモデル化にはニューラルネットワーク(NN)を用いる。NNモデルは複雑な非線形関係をネットワーク表現しており、出力値(教師データ)との適合性はきわめて高い。したがって構造規定が難しいパターン相互の関係を示す必要がある場合には利用価値が高い¹⁰⁾。また本例のように、出力値として3種類の評価項目を同時に設定するためには、パターン相互の非線形関係を記述する必要がある。その意味でもNNモデル利用の意味は大きい。

ここでは、図-4に示すようなこのNNモデルでは、入力層のノード数が24、中間層のノード数が15、出力層のノード数が3となっている。この場合、入力層として色彩の組み合わせを、出力層に評価点を設定することになる。入力層には、各路線の色彩の種類を3ビットの2進数で表示する。

赤:000 黄:001 緑:010 青:011
紫:100 白:101 灰:110 黒:111

出力層では誤差伝播法の教師データとして評価点を0~1の数値(例:80→0.8)に線形変換を行った。

NNモデルの結合荷重の計算にあたっては、誤差伝

表-4 色彩組み合わせに対する評価結果

	番号	21号	248号	環状I	環状II	忠節橋	金華橋	長良橋	環状III	評価点
総合	16	青	黄	紫	黄	緑	紫	赤	緑	200.3
	12	黄	青	青	黄	青	緑	灰	灰	197.8
	30	紫	赤	黄	青	白	灰	青	緑	196.3
好感度	16	青	黄	紫	黄	緑	紫	赤	緑	71.3
	39	緑	赤	緑	青	青	紫	黄	紫	66.8
	12	黄	青	青	黄	青	緑	灰	灰	64.8
美しさ	16	青	黄	紫	黄	緑	紫	赤	緑	67.0
	30	紫	赤	黄	青	白	灰	青	緑	65.5
	12	黄	青	青	黄	青	緑	灰	灰	64.3
まとめ	12	黄	青	青	黄	青	緑	灰	灰	68.8
	30	紫	赤	黄	青	白	灰	青	緑	67.0
	13	緑	白	緑	紫	灰	赤	黒	灰	65.0

播法(BP法)の内、繰り返し計算途中で、誤差修正の割合をモーメント係数を用いて変化させる修正モーメント法を用いた($\alpha=0.6$ $\beta=0.3$ $\Delta m=0.005$)。また各ニューロン表現には、通常のNNモデルで利用される $f(x)=1/(1+\exp(-2x/u))$, $u=2.5$ (シグモイト関数)を用いている。2000回の繰り返し計算で、路線の色彩構成の最終絶対誤差は $\varepsilon=1.259$ となった。ここでは絶対誤差として次式を用いている。さらに本モデルの結合荷重

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^M |Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}| \quad (6)$$

Y_{ij} : 出力層の i ニューロンの教師データの値

$\hat{Y}_{ij}$: 出力層の i ニューロンの推定値

P : パターン数

M : 出力層のニューロン数

(評価構造)が規定されると、色彩変化が与える評価点の影響を検討することができる。

つぎに「NNモデル」による評価点の算出過程をGAプロセス内に組み込み、最適解を探索する¹¹⁾。このGAは8路線に対する8色の色彩についての組み合わせ最適化問題を対象としている。したがって遺伝子列(染色体)に、図-4に示すニューラルネットワークの入力形式と同じ表現を利用できる。

本研究のGAの具体的な手順を以下に示す。またフローチャートを図-5に示す。

- ① 初期集団として、ランダムに20種類の色彩組み合わせ(20個体)を抽出する。
- ② 各個体の適応度(評価点)を計算する。図-4に示すNNモデルの入力層に個体の遺伝子を入力し、各評価点を算出する。
- ③ 評価点80(ただし総合評価点は240)以上の個体が発生、または50世代に達した時点で計算を終了する。判定基準を満たさない場合は、世代数を増加

図-4 評価点推定のためのNNモデル

し、以下を繰り返す。

- ④ 適応度の高い順に個体を並び替え、淘汰率(0.5)で評価点の低い個体を淘汰させる。
- ⑤ 残りの個体集団から評価点の高い個体を確率的に選択する。
- ⑥ 交叉率(0.8)で各個体同士の任意に位置で交差を行う。交叉は2点交叉とする。
- ⑦ 各個体について、突然変異率(0.3)で各ビットを反転させ、②に戻る。

ここで、手順③では100点満点(総合評価300満点)に対する再探索の必要性を検討するための収束判定基準として80点としている。これ以上の得点の個体が存在する場合も原理的には存在するが、実際の調査結果からも最高点は80点代の得点であることがわかっていて、各評価指標について、計算終了時の集団中で評価点上位3つを抽出したものが表-5である。

これより、第3章の調査で得られた「現行の路線配

図-5 本研究に用いるGAの処理手順

表-5 GAによる色彩組み合わせの結果

	順位	21号	248号	環状I	環状II	忠節橋	金華橋	長良橋	環状III	評価点
総合	1	紫	黄	赤	紫	緑	黄	灰	黄	214.2
	2	赤	青	黄	白	緑	白	青	紫	207.0
	3	紫	青	黄	灰	灰	緑	紫	青	195.4
好感度	1	赤	黄	白	黄	黄	紫	青	黒	80.8
	2	赤	黄	青	青	赤	赤	灰	青	71.9
	3	赤	白	黒	赤	黄	紫	青	黒	71.9
美しさ	1	赤	緑	黄	緑	黒	黄	緑	黄	77.4
	2	緑	黄	赤	黄	青	黄	灰	黄	74.9
	3	緑	黄	赤	黄	黒	黄	灰	白	73.6
まとまり	1	赤	黄	黄	黒	灰	黄	緑	白	77.6
	2	黄	青	黄	黄	白	紫	緑	緑	74.8
	3	灰	紫	黄	赤	灰	青	赤	緑	74.0

色図」(現行の色彩イメージにしたがい路線図上に彩色したもの)と「将来の路線配色図」(将来路線図上に最適化された色彩イメージにより彩色したもの)を構成論的に道路網イメージから、道路網全体および代表的路線に対する将来の方向性を考察できる。まず道路網全体では比較対象とした8路線のうち国道や岐阜環状線(I)といった岐阜市の大動脈となる路線では変化はないが、他路線では現行イメージから変化が見られた。特に岐阜市中心部の路線により大きな変化が見られた。これより、南北方向に延びる中心部の道路網から、今後のイメージ改善対策の必要性が感じられる。

また両図を比較することで、色彩変化から主要路線に関するイメージ変化に関して、以下のようないくつかの類推的判断を与えることができる。これは、将来の道路網構成や路線相互関係の変化から、期待されるイメージがどのように相違するかを調べるためである。

- ・国道21号(路線1)における色彩イメージは現行イメージの「赤」のままであり、危険感は続くものと思われる。しかし、総合的にみると将来的には現行の「危険」なイメージから「華やかな」路線イメージへ変化するものと解釈できる。今後もさらに東西方向の主要道路としての役割が期待されているともいえる。

- ・忠節橋通り(路線15)の色彩イメージは「灰」から評価軸によって異なった色彩イメージが現れた。総合的に見ると現行の「危険」・「地味」な不安・心配のイメージから「穏やか」で「安定した」都市街路としてのイメージ変化が望まれると解釈できる。

- ・長良橋通り(路線17)の色彩イメージは「青」から「灰」に変化している。これは現在「開放的」なイメージの路線から、将来的には「危険」な路線に変化するというイメージが生じたものと思われる。

- ・岐阜環状線(III)(新規:路線18)は「明るく、すっきりした」道路になって欲しいという願望が現れたものと思われる。

これらの考察は、本来多数の工学的分析結果との整合性を踏まえて検討する必要があるが、ここでは提案する分析手法から導かれる多様な計画指針(理念的部分も含む)を整理したものである。

6. おわりに

本研究では、色彩表現を用いた都市内道路網のイメージ評価方法を検討した。道路網などの土木構造物は巨大な都市の骨格として存在し、その意味で都市の「精神的構造物」でもある。道路網の存在が交通環境・都市環境の意味から我々の活動を通じて精神的な風土を形成する素因となり得るということである。ここでは、

岐阜市の都市内道路網を対象とし、現象面と生成されるイメージの関係を調べることで、道路網計画が形成する精神的な都市環境を知るための方法の端緒が示された。これは既存研究での概念的な提案¹²⁾を具体的に表現したものであるともいえる。

すでに各章の分析から整理されるように、岐阜市の道路網は、「岐阜環状線」・「国道21号線」などの個性的な道路網を中心として、大別して4種類の路線群が存在することがわかった。またイメージ論的にみた路線の相対的関係や地域的イメージとの関連についての分析結果(個別路線イメージと集合的イメージ)が得られた。

このような、階層的で複雑なイメージ構成を、本研究では「色彩表現」により抽象化することで、比較・評価を可能とした。また「色彩」は本来多義的であり、現実的な道路計画との関連性を多様な視点から、検討するヒントを与えることができたものと思われる。

最後に、今後の検討課題としていくつかの点が挙げられる。

- ① 本研究では、「色彩」のもつ多義的性質をイメージの抽象化に用いた。このとき、工学的には「色彩」が色相・明度・彩度の3要因で説明できることから、さらに各種の定量的分析を行い、具体的な道路網計画との関連を示すことが可能であると思われる。
- ② 色彩評価されたイメージを具体的な環境等の物的変化から把握する試みは極めて重要である。しかしながら、個々の環境指標とイメージ変化の関係をすることは容易ではない。本来イメージ形成において、線形関係を前提としたモデル化には限界があり、説明性の高いモデル化手法を検討する必要がある。
- ③ 色彩の調和は、本研究で示されたように、多数のケースに対する複雑な評価過程を持つものである。したがって、実際には非線形的な評価モデルとさらに膨大な組み合わせから、最も妥当な状態を導き出す方法の検討が必要である。

謝 辞

なお本研究を遂行するにあたって、論文構成面で岐阜大学大学院生服部務氏(棟創建勤務予定)に御協力いただいた。ここに記し感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 秋山孝正・佐藤亮・田名部淳：ファジィ多変量解析を用いた都市高速道路イメージの分析，第8回ファジィシステムシンポジウム講演論文集，pp.365～368，1992
- 2) 秋山孝正・片桐雅之：色彩イメージによる都市高速道路網の評価方法について，土木計画学研究・論文集，No.12，pp.77～84，1995
- 3) 千々岩英彰：色彩学，福村出版，pp.149～152，1991
- 4) 日本色彩学会：新編色彩科学ハンドブック，東京大学出版会，pp.408～411，1991
- 5) 岩井寛：色と形の深層心理，NHKブックス，pp.73～105，1991
- 6) 片桐雅之・秋山孝正：色彩評価に基づく都市内幹線道路網のイメージ分析，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集，pp.912～913，1995
- 7) 坂和正敏：ファジィ理論の基礎と応用，森北出版，pp.74～83，1989
- 8) 日本色彩学会：新編色彩科学ハンドブック，東京大学出版会，pp.593～606，1991
- 9) 安居院猛・長尾智晴：ジェネテックアルゴリズム，昭晃堂，1993
- 10) 秋山孝正：知識利用型の経路選択モデル化手法，土木計画学研究・論文集，No.11，pp.65～72，1993
- 11) 片桐雅之・秋山孝正：色彩表現を用いた道路網イメージに関するファジィデータ解析，第3回ファジィ建築土木応用シンポジウム講演論文集，pp.57～64，1996
- 12) 秋山孝正：都市のアイデンティティと土木技術，月刊建設5月号，pp.4～5，1995

(1997年4月10日 受付)
(1997年8月7日 再受付)

[問い合わせ先]

〒501-11 岐阜市柳戸1-1

岐阜大学工学部土木工学科

秋山 孝正

TEL : 058-293-2443

FAX : 058-230-1528

E-mail : takamasa@cc.gifu-u.ac.jp

著 者 紹 介

秋山 孝正 (あきやま たかまさ)

岐阜大学工学部土木工学科

昭和58年 京都大学大学院工学研究科修士課程交通土木工学専攻修了。同年4月 京都大学工学部交通土木工学教室助手。平成2年4月 講師。平成6年4月 岐阜大学工学部土木工学科助教授。都市高速道路の交通制御、交通安全対策、ファジィ理論の交通計画への応用などの研究に従事。日本ファジィ学会、国際ファジィシステム学会、システム制御情報学会、土木学会、交通工学研究会、日本都市計画学会、世界交通学会、歴史文化学会会員。工学博士。

片桐 雅之 (かたぎり まさゆき)

岐阜県岐阜土木事務所岐阜環状線建設課

平成9年 岐阜大学大学院工学研究科土木工学専攻修了。同年4月 岐阜県岐阜土木事務所岐阜環状線建設課勤務。都市道路網の建設業務に従事している。土木学会、都市計画学会会員。

The Image Analysis of Urban Road Networks Through the Colour Evaluation by Using Fuzzy Clustering

by

Takamasa AKIYAMA and Masayuki KATAGIRI

Abstract :

A semantic analysis is recommendable for planning of the road networks. In this study, the image survey with colour description was taken to the road networks in Gifu city. The road is generally recognized as a particular route by the drivers as well as the road planners. Therefore, the road network may consist of the routes as a group. The colour image involved many semantic aspects. Fuzzy clustering is used to analyze the relationship between the image of the roads and the cultural climate of the city. The estimation of the image is established by a neural network model. After consideration the connection of physical phenomena with the generated image, the method to know the mental climate of the city created by the road networks might be developed. The optimal combinations of colour images were founded by genetic algorithm

Keywords : Colour Image, Road Networks, The Survey of the Image, Fuzzy Clustering, Neural Networks, Genetic Algorithms

Contact Address : **Takamasa AKIYAMA**

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Gifu University

1-1, Yanagido, Gifu, 501-11 Japan

TEL : 058-293-2443

FAX : 058-230-1528

E-mail : takamasa@cc.gifu-u.ac.jp