

橋梁の色彩規定要因に関する定量的考察

Quantitative Study on Factors about Color Selection of Bridge

木村雄司*, 伊藤學**, 窪田陽一***

Yuji KIMURA, Manabu ITO and Yoichi KUBOTA

*埼玉大学大学院 (〒338 埼玉県浦和市下大久保 255)

**工博 東京大学名誉教授 (〒113 東京都文京区千駄木 5-45-2)

***工博 埼玉大学教授 工学部建設工学科 (〒338 埼玉県浦和市下大久保 255)

Color planning of bridge has recently come to be important. Color is one of the dominant factors of visual characteristics in bridge aesthetics. It seems that bridge color is influenced by some factors in color selection. Those factors are surrounding scenery, structural type, length, year of completion and use type. In verification of this hypothesis, investigations were conducted about color and those factors of 1221 bridges constructed during the past ten years in Japan. In this study, the relationship between bridge color and those factors were analyzed by Hayashi's Quantification Theory II or III. After these analysis, some processes of color selection were compared to make clear the differences or similarity among them.

Key Words: bridge color, Hayashi's Quantification Theory, process of color selection

1. はじめに

橋梁景観における視覚的属性の支配要因の一つである色彩に関しては、橋梁の規模と周辺地域の景観や人間の心理などに与える影響を考慮して十分な検討を行うとともに、公共的な構造物という性格上、できる限り主観を排除し、多くの人々を納得させるような色彩選定を行う必要があると思われる。

しかし、わが国では橋梁の色彩に関する研究や文献が決して十分とはいえない上に、現在のところ橋梁の色彩選定を何らかの工学的指標に基づいて行うには至っていない。従来から橋梁の色彩は現場技術者や自治体の長の主観的判断に基づいて選定されることも多かった。その結果、周辺環境に馴染ませる程度でよい橋梁に必要以上に派手な色彩が施されたり、景観上重要と考えられる橋梁に対して、無配慮な色彩が用いられるといった状況を生み出している。また、景観を構成する様々な要素の全てに対して調和を考えることは非常に困難な上、鋼橋については色彩選択の自由度が大きく、個人的な好みが多様であるため、色彩選定の際に主観が入ることは避けられなかった。

橋梁の色彩に関しては、従来から経験的に「山間部の橋梁には赤色が多い」、「アーチ橋には赤色が合うが斜張橋には合わない」などといわれてきた。確かにこれらの要因は、色彩選定を行う者の心理に潜在的に影響を与えているのかも知れない。

既存研究として、中尾らは画像実験を用いたアンケートにより、人々に好まれる背景と橋梁形式と色彩との関係及び環境と橋梁の色彩に対するイメージがどのようなものかを探っている。¹⁾ また、磯らは最近景観的に注目されている日本と欧州の橋梁を中心に56橋の色彩の使用頻度特性を把握し、橋梁色と周囲の風景との調和に着目して、融和型と強調型に分類して比較検討を行っている。^{2), 3)}

ところが、既存橋梁の色彩において、どのような傾向があるかを統計データとして示すような資料や文献は意外に乏しい。また、架橋地点の立地条件や構造形式など感覚的に橋梁の色彩と何らかの関係があるのではないと思われる要因と選定された色彩との間の関係は明らかにされていない。

本研究では、過去10年間に建設された橋梁の色彩を調査し、それを定量的に分析することによって、前記の要因と橋梁の色彩との関係を把握することを試みるとともに、架橋地点の立地条件、構造形式及び色彩を考慮したわが国の橋梁のタイプ分類を行った。そして、得られた結果から現状における橋梁の色彩選定の問題点を明らかにし、今後の色彩選定においてどのような点を考慮しなければならないのかを把握するために、様々な橋梁の色彩計画事例を比較し、その色彩選定プロセスの傾向を探った。そして、今後の色彩選定プロセスがどうあるべきかについて若干の問題提起を試みた。

2. 橋梁色彩調査

2.1 調査の概要

本調査では、最近10年間の橋梁年鑑⁴⁾に掲載されているわが国の橋梁のカラー写真のうち、撮影状態や現像状態の悪いものを除いた1221橋の主構成部材（桁、アーチリブ、主塔など）の色相をJIS基準色票によって視感測色し、次の項目について分析を行った。

- (1) 架橋地点の立地条件と色彩の関係
- (2) 構造形式と色彩の関係
- (3) 橋梁の規模（橋長）と色彩の関係
- (4) 時代（完工年度）と色彩の関係
- (5) 橋梁の用途と色彩の関係

なお、(3)において橋梁の規模を表す属性として支間長ではなく、橋長をとり上げたのは、支間長の場合、構造形式との間に相関があると思われ、その後の分析に適さないと考えたからである。また、(4)において時代を表す属性として完工年度をとり上げているが、本来時代と橋梁の色彩との関係を論じようとするのであれば、完工年度ではなく、橋梁の色彩計画の策定年次を調査すべきであろう。しかし、全ての橋梁においてそれを調査するのは非常に困難であるため、本調査においてはどの橋梁についても把握しうる完工年度をとり上げた。

ところで、カラー写真には撮影条件（季節、天候、時間、対象物との距離、陰影など）やフィルム、現像処理などの違いに起因する色の再現性の問題があり、写真と実際の橋梁の色彩が異なっている可能性がある。この現象は、特に明度・彩度で顕著であると思われる。しかし、現在完全な色再現を恒常的に行うことのできる方法が存在しないというのが実状である。

高須らの研究によれば、対象との距離の増加に伴い、明度・彩度の値の和は上昇する傾向があり、対象の大きさが大きくなると一様に明度、彩度とも上昇する傾向があるが、陰影による色相の変化は認められていない。⁵⁾ 一方、明石らの研究によると、最適露出時のXYZ表色系における物体色のY刺激値及び色度座標値 x, y をマンセル表色系に変換して比較すると、高彩度色ほど色再現性が悪いことが確認されている。⁶⁾

確かにカラー写真や印刷物では色の三属性を正確に測定することが困難なため、現地測色を行うことが理想であるが、現地測色では完工してから時間が経過している場合に変褪色の影響を受けやすい。また、本研究は過去10年におけるわが国の橋梁の色彩の概略的な傾向をつかむことが目的であるため、対象とする色の属性を色相のみとし、以下のような「色系統」という概念を導入した。なお、記号はマンセル表色系における色相である。

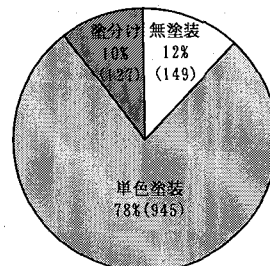
- ・白色系統：明度7～9.5（高明度）
- ・灰色系統：明度4～6（中明度）及びシルバー
- ・黒色系統：明度1～3（低明度）
- ・赤色系統：RP, R, YR

- ・黄色系統：Y, GY
- ・緑色系統：G, BG
- ・青色系統：B, PB, P

これにより、たとえ写真の色再現性が悪く、色相間で変動が生じたとしても、大部分がこの色系統の範囲内での変動にとどまると考えられる。

2.2 調査結果

図-1に示すように、わが国の橋梁においては主構成部材の塗色方法の約8割が単色塗装であり、更に無塗装（耐候性無塗装仕様）の橋梁もあわせると9割の橋梁は単色からなる。したがって、わが国において橋梁の塗分けはあまりポピュラーではないことがわかった。そこで、本研究における主な分析対象を単色（無塗装と単色塗装）の1094橋とすることにした。しかし、塗分けの橋梁に関しては単色の橋梁よりも意図的な色彩選定が行われた可能性が高く、選定された色彩も多様であると考えられる。そこで、塗分け橋梁については単色の橋梁とは別の分析を試みることにした。

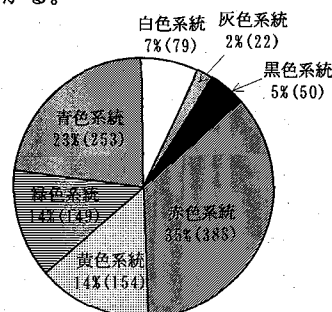


調査対象橋梁数：1221（橋）

図-1：調査した橋梁の主構成部材の塗色方法

2.2.1 単色の橋梁の色系統

図-2に単色の橋梁の色系統の構成を示す。赤色系統と青色系統で約6割を占めており、無彩色の橋梁が比較的少ないことがわかる。



調査対象橋梁数：1094（橋）

図-2：単色の橋梁の色系統の構成比

なお、この中の無塗装（耐候性無塗装仕様）の橋梁の色系統の構成に関しては図-3のようになる。色系統が赤色系統及び黄色系統のものに関しては、耐候性鋼材表面に生じた酸化（さび）被膜によるものである。また、耐候性鋼材に化成塗布剤を用いてさび安定化処理を施したもののについては黒色系統あるいは低明度の青色系統、緑

色系統であった。

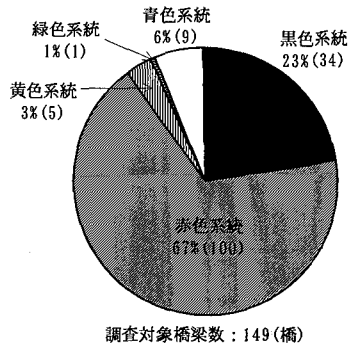


図-3：無塗装の橋梁の色系統の構成比

次に前述の(1)～(5)の調査項目に関する分析結果を示す。断りのない限りグラフにおける横軸の百分率は全ての単色の橋梁に対する各色系統の割合を表す。

(1) 架橋地点の立地条件と色彩の関係

山地は主に樹木などの自然環境色で構成され、季節による周辺の色の変化が大きい。丘陵や平地においても季節変化により周辺の植生の色がゆるやかに変化する。海浜部及び海峡などの海上景観は主に空と海によって構成されており、季節による色の変化はそれほど大きくない。都市は主として人工物によって構成されているため、環境色は低彩度を基調としており、季節による周辺の色変化は少ない傾向にある。そこで、架橋地点の立地条件を山地、丘陵・平地、都市、海上の4つとし、それぞれの立地条件において、橋梁の色系統にどのような傾向があるかを探った。

図-4より、山地、丘陵・平地、都市、海上の各立地条件において、橋梁に用いられている色系統はかなり異なる。山地では赤色系統、海上では白色系統と灰色系統の和が5割以上を占めている。「山間部の橋梁には赤色が多い」と経験的にいわれてきたことが統計的に明らかにされたわけである。また、都市では赤色系統以外の有彩色(黄色系統、緑色系統、青色系統)の割合が高くなっている。

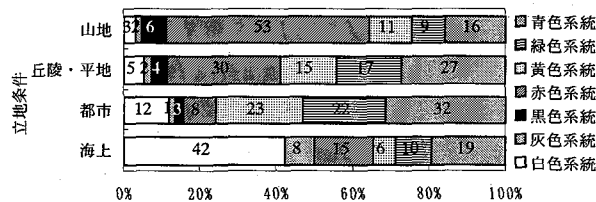


図-4：架橋地点の立地条件と色系統の関係

(2) 構造形式と色彩の関係

典型的な橋梁構造の分類を示せば、桁橋、トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋、斜張橋、吊橋となる。斜張橋と吊橋に関しては、ケーブル、桁、主塔を主な構造要素とするよく似た形式の橋梁であり、データ数も少ないことから、これらをあわせて吊形式橋梁とした。

図-5より、トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋の約半数が赤色系統であり、これらの構造形式ではほぼ同じよう

な色系統の用いられ方をしていることがわかる。その逆に吊形式橋梁(斜張橋、吊橋)では約半数が無彩色(白色系統、灰色系統及び黒色系統)である。一方、桁橋では赤色系統以外の有彩色が多く用いられている。構造形式と橋梁の色系統との関係において構成比による分類を行うと、①桁橋、②トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋、③吊形式橋梁の3グループに集約されることがわかった。

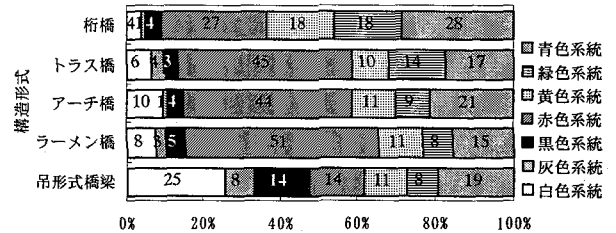


図-5：構造形式と色系統の関係

(3) 橋梁の規模(橋長)と色彩の関係

今回調査した橋梁のうち、橋長が500m未満の橋梁が9割を占めた。したがって、橋長が500m以上の橋梁は相対的に規模が大きいといえる。また、こうした規模の大きな橋梁では、主構成部材に付与される色彩の面積も大きいため、橋梁の色彩が周辺環境に与えるインパクトも大きいと考えられる。そこで、図-6のように橋長を100m間隔で6区分することにした。

図-6より、橋梁の規模が大きくなる(橋長が長くなる)につれて赤色系統の割合が減少し、白色系統の割合が増加していることはわかるが、前述の(1)、(2)のような顕著な傾向は見られない。

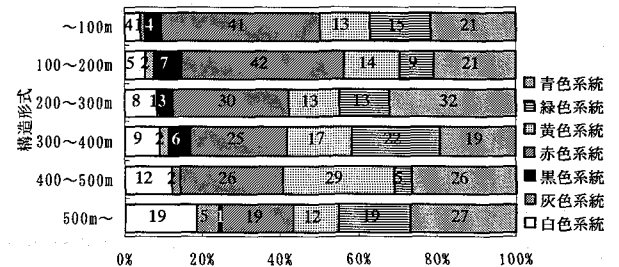


図-6：橋梁の規模(橋長)と色系統の関係

(4) 時代(完工年度)と色彩の関係

ファッションなどと同様に好まれる色には流行がある。色相の嗜好または嫌悪についてはかなり恒常性のある側面もあるが、一方で時代とともに浮動する側面もあり、個々の色相について時系列の変動を追えば、ある程度の変化が見出される。もし、橋梁の色彩選定に携わる者(現場の技術者、デザイナーなど)が色の好みの流行から多少でも影響を受けているとすれば、時代と橋梁の色彩との間には何らかの関係があると思われる。そこで、本調査では1984～1993年までの10年間に完工された橋梁の色系統の経年変化を探ってみた。

その結果、図-7より橋梁の色系統は時代(完工年度)によってある程度の変動があったことがうかがわれる。特に赤色系統、青色系統の割合の増減は他の色系統の場合に比べて変動が大きい。図-7からよみとれる傾向とし

ては、赤色系統と黄色系統の割合の増加・減少の間には相反する関係が見られる（これらの和がほぼ一定である。）ことがあげられる。

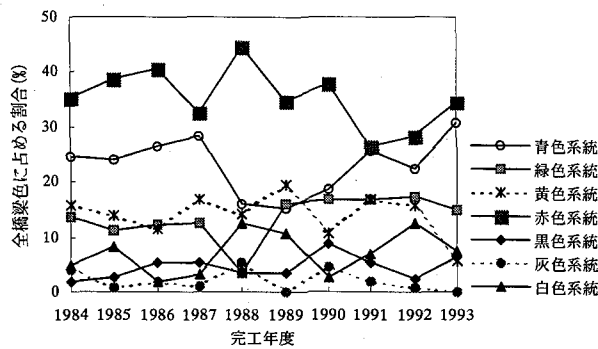


図-7：橋梁の色系統の経年変化

(5) 橋梁の用途と色彩の関係

今回調査を行った橋梁において、3つの用途（道路橋、鉄道橋、歩道橋）をとり上げ、これらの用途と色彩の関係を探った。ただし、このうちの9割近くが道路橋であり、データの偏りは大きい。

図-8より、各用途ごとに色系統の傾向が異なっていることがわかる。3用途の比較では、他用途に比べ道路橋は赤色系統、鉄道橋は緑色系統、歩道橋は黄色系統の割合が多いことがわかる。

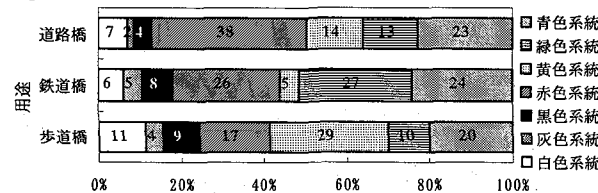


図-8：橋梁の用途と色系統の関係

2.2.2 塗り分け橋梁の色彩

塗り分け橋梁に関しては127橋あったが、塗り分けに用いられた色のうち、1色でも不明なものがある5橋を除いた122橋について分析を行った。

表-1に示すように、立地条件でみると都市、構造形式では吊形式橋梁において塗り分けが行われる場合が多い。都市部の橋梁はその4分の1が、吊形式橋梁はその3分の1が塗り分けをしていることがわかった。橋長に関しては、500mまではわずかではあるが橋長が長いほど塗り分けをしている割合が高くなっている。しかし、500m以上になるとその割合が減少している。これは、都市内高速道路の高架橋は橋長が長いが路線単位で1つの色彩を付与されることが多いことから、その影響を受けているものと考えられる。一方、完工年度ではそれほど顕著な特徴はみられない。次に塗色された色数についてみると、表-2のように2色のものが全体の8割を占め、橋梁の塗り分けは主として2色によるものが多いことがわかる。立地条件、構造形式、橋長、完工年度の違いによっても塗色数はほとんど変化することがなく、いずれの場合にも7割以上が2色塗り分けであった。ところで、橋梁の塗り分け

方法は各々の橋梁の形態特性により当然異なる。そこで、塗り分け方法を①複数の主構成部材を有する橋梁でベースカラーが複数のもの、②塗色面積の大部分を占めるベースカラーとそれに比べて小面積で付加的に塗布されたアクセントカラーにより塗り分けられたもの、③複数のベースカラーをもち、更にアクセントカラーが付与されたもの、④その他グラデーションで塗り分けられたものやストライプの入ったものなどの4つに分類してそれぞれの塗り分け方法がどのような割合で行われているかを調べた。その結果、表-3に示すように、複数のベースカラーによる塗り分けが全体の75%を占め、複数のベースカラー+アクセントカラーによる塗り分けも含めると、全体の86%が複数のベースカラーをもっていることになる。これは、斜張橋における主塔と桁の塗り分け、アーチ橋におけるアーチリブと補剛桁や垂直材の塗り分けなどのように塗色対象部材を明確に分けて考えられる橋梁では比較的塗り分けを行いやすいからではないかと推測される。

表-1：各要因ごとの塗り分け橋梁の占める割合

要因	割合(%)
山地	3
丘陵・平地	10
都市	24
海上	9
桁橋	9
トラス橋	4
アーチ橋	10
ラーメン橋	7
吊形式橋梁	34
～100m未満	8
100～200m未満	9
200～300m未満	12
300～400m未満	13
400～500m未満	21
500m～	12
1984	4
1985	8
1986	14
1987	7
1988	16
1989	7
1990	10
1991	11
1992	11
1993	10

表-2：塗色数

塗色数	割合(%)
2	80
3	16
4	4

表-3：塗り分け方法

塗り分け方法	割合(%)
複数のベースカラー	75
ベースカラー+アクセントカラー	10
複数のベースカラー+アクセントカラー	11
その他(グラデーション、ストライプ)	4

表-4：配色方法

配色方法	割合(%)
異色相による配色	20
同一色相あるいは無彩色のトーンによる配色	41
有彩色と無彩色による配色	39

一方、塗り分けられた色彩の配色方法をみると、表-4のように同一色相あるいは無彩色のトーン（明度・彩度）による配色、もしくは有彩色と無彩色による配色がよく用いられている。有彩色と無彩色による配色は最も極端な（彩度が0の）トーンによる配色と考えることもできるため、全体の8割がトーンによる配色であるともいえる。色相による配色よりトーンによる配色が多いのは、色相による配色の場合、複数の色相を選択する必要性が生じるが、トーンによる配色であれば1つの色相を選べばよく、また色相による配色より比較的色調和を図りやすいからではないかと推測できる。最後に橋梁の塗り分けにおいて、どんな色系統の組合せが用いられることが多いのかを探ってみたが、特に割合が高い色系統の組合せはなく、傾向らしきものは全く見られなかった。

3. 数量化理論を用いた定量分析

3.1 分析の目的

図-4と図-5の比較を行うと、山地とトラス橋、アーチ橋、ラーメン橋の色系統、丘陵・平地と桁橋の色系統、海上と吊形式橋梁の色系統の構成間に相関関係を見出すことができる。また、これに比べればわずかなものではあるが、橋梁の規模（橋長）と色彩との関係及び時代（完工年度）と色系統との関係にもある程度の関係が認められる。

そこで、立地条件、構造形式、規模、時代の4つの要因がどの程度色彩に対して影響を及ぼしているのか、また、これらの要因がある組み合わせの時に特定の色彩となる傾向があるのかどうかを定量的に把握しようと試みた。なお、橋梁の用途に関しては、データ数の偏りが大きく、結果が現象を正確に把握しているかどうか疑問が残るため、定量分析の対象を調査対象の約9割を占める道路橋のみに絞った。

3.2 数量化理論第Ⅱ類による色系統に関する要因分析

外的基準を色系統とし、2において色系統と何らかの関連があるとわかった立地条件、構造形式、橋長、完工年度の4つのアイテムを説明要因として、単色の道路橋931橋のうち、各要因の中に1つでも不明なものがある5橋を除く926橋に対して、数量化理論第Ⅱ類による要因分析を行った。なお、完工年度に関しては、傾向を把握しやすくする目的から2年を1区分とした。

表-5に1軸から6軸までの相関比を示す。最も固有値の大きい1軸でも相関比が0.248とかなり低く、各サンプルが外的基準の7群にうまく判別されていないことを示しており、これらの4つのアイテムでは橋梁（道路橋）の色系統の判別が難しいことがわかる。橋長と完工年度のアイテムを削除して分析を行ってみたが、この場合の相関比*（表-5の下段）はさらに低かった。

表-5：各軸の相関比

	1軸	2軸	3軸	4軸	5軸	6軸
相関比	0.248	0.134	0.043	0.024	0.017	0.009
相関比*	0.217	0.121	0.015	0.005	0.003	0

相関比が低い理由としては、この4つのアイテム以外に重要な説明要因が欠けているために橋梁の色系統を判別しきれないということが考えられる。もしそうであるならば、別の説明要因を加えて分析を行なわなければならない。つまり、橋梁の色彩とはこのような4つの要因のみで説明しきれないほど単純ではないということかも知れない。他方、この10年間の橋梁の色彩選定は、いくつかの特殊な例を除いて、これらの4つの要因をあまり考慮せずに決定されていたとも考えられるし、個々の橋ごとに要因のウェイトが異なるためとも考えられる。

しかしここでは、この4つのアイテムがどの程度色系統に対して寄与しているかをアイテム内のレンジの大き

さによって考察することにした。表-6に相関比の最も高い1軸による分析結果を示す。これによると、色系統に対する寄与の大きさは、①立地条件、②構造形式、③橋長、④完工年度の順になり、立地条件の寄与が最も大きいことがわかる。2軸でみた場合でも、立地条件、構造形式の順に色系統に対する寄与が大きく、橋長、完工年度に比べ相対的にレンジが大きかった。3軸～6軸にいたっては無視するほど相関比が低い。したがって、これらの4つの要因の中で橋梁の色系統に与える影響が大きい要因は立地条件と構造形式であることがわかった。

表-6：カテゴリースコア、レンジ、偏相関係数(1軸)

アイテム	カテゴリ	カテゴリスコア	データ数	レンジ	偏相関係数
立地条件	山地	0.516	408	3.105	0.359
	丘陵・平地	-0.014	365		
	都市	-0.790	106		
	海上	-2.589	47		
構造形式	桁橋	0.245	465	1.820	0.216
	トラス橋	-0.179	125		
	アーチ橋	-0.176	230		
	ラーメン橋	0.181	66		
	吊形式橋梁	-1.575	40		
橋長	～100m未満	0.332	291	0.824	0.152
	100～200m未満	0.077	279		
	200～300m未満	-0.205	134		
	300～400m未満	-0.354	85		
	400～500m未満	-0.316	38		
	500m～	-0.491	99		
完工年度	1984&1985	0.036	173	0.407	0.081
	1986&1987	0.149	175		
	1988&1989	-0.006	186		
	1990&1991	0.092	200		
	1992&1993	-0.258	192		

また、ここであえてカテゴリースコアに着目してみると、立地条件では山地、丘陵・平地、都市、海上の順に大きく、特に海上のカテゴリースコアの絶対値が相対的に大きい。この関係は図-4における（白色系統+灰色系統）の割合に対応している。一方、構造形式に関しては、桁橋で正の最大値、吊形式橋梁で負の最大値を示し、特に吊形式橋梁において特に大きな絶対値を示しており、図-5における（白色系統+灰色系統）の割合の関係に対応しているといえる。また、この関係は橋長についてもあてはまり、橋長が長くなるにつれて正の値から負の値となるようにカテゴリースコアが与えられており、図-6における（白色系統+灰色系統）の割合に対応している。したがって、相関比の最も高い1軸は白色系統、灰色系統とそれ以外の色系統を判別しているのではないかと推測される。

3.3 数量化理論第Ⅲ類による橋梁のタイプ分類

3.2での分析から各要因がどの程度橋梁（道路橋）の色系統に対して寄与しているかを示すことは一応できたが、各アイテムのカテゴリーがどのような組み合わせのときにどの色系統になることが多いかということについては明らかではない。したがって、ここでは数量化理論第Ⅲ類を適用することにより、各サンプルのカテゴリカルデータの反応パターンによりカテゴリー間の類似度を定義

し、橋梁（道路橋）をいくつかのグループに分類しようと試みた。なお、データ数は3.2での分析と同様926橋とし、橋梁を分類するための要因は3.2の結果を考慮して、立地条件、構造形式、色系統の3つとした。

表-7に各軸の固有値、相関係数、累積寄与率を、表-8にカテゴリースコアを示す。

表 7：固有値、相関係数、累積寄与率

	1軸	2軸	3軸	4軸	5軸
固有値	0.569	0.536	0.371	0.353	0.343
相関係数	0.754	0.732	0.609	0.594	0.586
累積寄与率	0.131	0.255	0.341	0.422	0.501

表-8：カテゴリースコア

	1軸	2軸	3軸	4軸	5軸
山地	-1.225	-0.013	0.133	-0.197	0.160
丘陵・平地	0.795	0.562	-0.788	0.696	-0.648
都市	1.503	0.087	2.382	-1.575	1.937
海上	0.962	-4.013	-0.371	-0.127	-0.654
桁橋	0.857	0.605	-0.249	0.143	-0.088
トラス橋	-1.133	-0.463	-1.586	-2.354	-0.093
アーチ橋	-0.951	-0.255	1.355	0.440	-1.191
ラーメン橋	-1.431	-0.125	0.348	1.141	4.371
吊形式橋梁	1.422	-3.815	-0.591	1.208	1.018
白色系統	0.845	-3.412	1.551	-0.100	-1.426
灰色系統	0.394	-3.341	-7.968	-0.537	3.598
黒色系統	-0.482	0.346	-1.115	2.977	-0.961
赤色系統	-1.095	0.164	-0.119	0.267	-0.119
黄色系統	0.661	0.664	0.239	-1.766	-0.529
緑色系統	0.785	0.537	-0.259	-1.785	-0.054
青色系統	0.759	0.222	0.449	1.151	0.916

累積寄与率が5割を超えるところまで考えると、分析には5軸までを要し、カテゴリー及びサンプルは5次元空間上に布置されることになる。5つの軸（次元）のカテゴリースコアは互いに無相関になるため、2つの軸のカテゴリースコアを縦軸と横軸にとって、カテゴリーの布置図を作成した。図-9～図-12に1軸を横軸にとったカテゴリーの布置図の例を示す。

布置図では相互に類似性のあるカテゴリーは互いに近い位置に存在するが、図-9より①山地、トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋、赤色系統、黒色系統、②丘陵・平地、都市、桁橋、黄色系統、緑色系統、青色系統、③海上、吊形式橋梁、白色系統、灰色系統がそれぞれ1つのグループを形成している。図-10～図-12では、①、②は互いに近くなり、その中のいくつかのカテゴリーがやや離れて散布するが、ほぼ直線上に沿っている。この布置図より得られることとしては次のようなことである。

- (a) 山地のトラス橋、アーチ橋、ラーメン橋は赤色系統、黒色系統の場合が多い。
- (b) 丘陵・平地及び都市の桁橋は赤色系統以外の有彩色（黄色系統、緑色系統、青色系統）の場合が多い。
- (c) 海上の吊形式橋梁は白色系統、灰色系統の場合が多い。

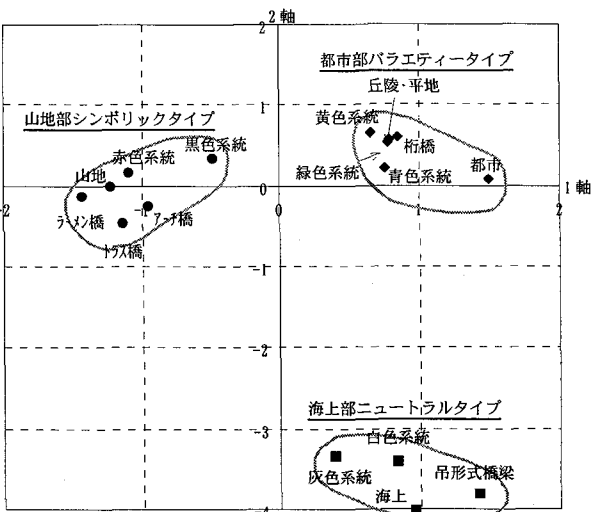


図-9：カテゴリーの布置図（1軸-2軸）

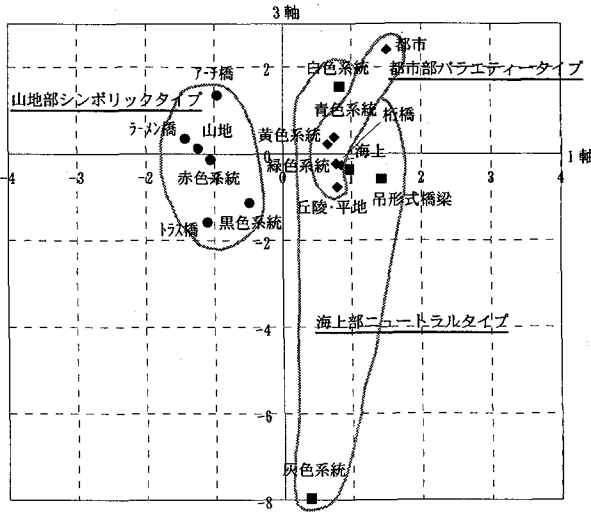


図-10：カテゴリーの布置図（1軸-3軸）

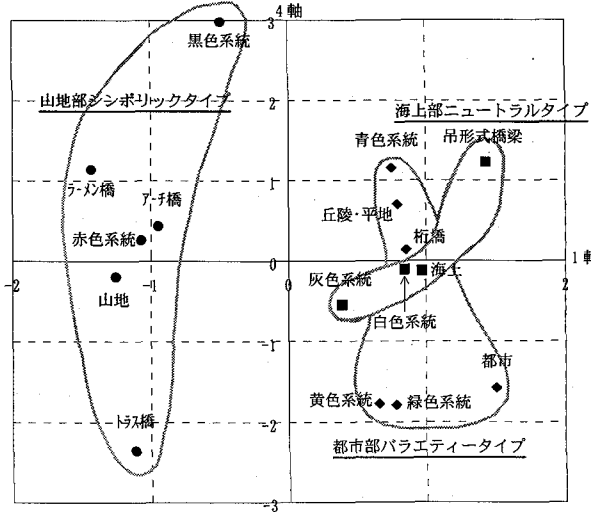


図-11：カテゴリーの布置図（1軸-4軸）

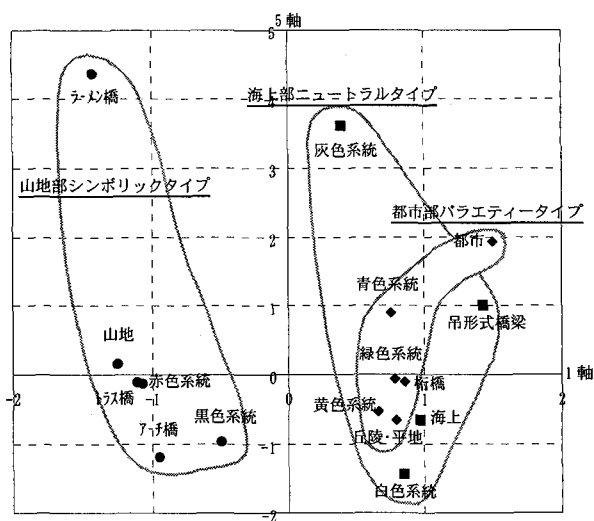


図-12：カテゴリーの布置図（1軸-5軸）

まず、(a)のタイプであるが、わが国においては赤色は伝統的に神の色とされ、神域を示す神社の鳥居や神橋に象徴的に用いられている。一方、黒色はわが国の伝統的な塗料である漆の色である。四季により変化する自然の中で山地における赤色系統の橋は非常に象徴的であり、黒色系統の橋梁も周辺の自然色とはかなり異なる色として認識される。また、構造形式的にも山地に架かるトラス橋、アーチ橋、ラーメン橋はかなりシンボリックである。したがって、(a)タイプの橋梁を「山地区シンボリックタイプ」とよぶことにする。次に(b)のタイプであるが、都市及び丘陵・平地は人々の生活圏に近いところであり、人々がこれらの橋梁に接する機会も非常に多く、また交通機能上もこれらの橋梁の重要性は極めて高い。人口が集中している場所であるため、人々の色彩嗜好にも多様性があり、赤色系統以外の有彩色が多く用いられている。そこで、(b)タイプの橋梁を「都市部バラエティータイプ」とよぶことにする。最後に(c)のタイプであるが、海上に架かる吊形式橋梁は長大橋であることが多く、周辺(海上)景観のランドマークとして景観的に注目される橋梁が多い。また、選定された塗色は白色系統及び灰色系統が多いが、これらの色には中立的なイメージがあり、周辺環境に馴染ませようとする場合、橋梁を目立たせようとする場合のどちらに用いても比較的多くの人に受け入れられやすい。したがって、(c)の橋梁を「海上部ニュートラルタイプ」とよぶことにする。

前述の①は「山地区シンボリックタイプ」に共通する特性を表すカテゴリー、②は「都市部バラエティータイプ」に共通する特性を表すカテゴリー、③は「海上部ニュートラルタイプ」に共通する特性を表すカテゴリーと解釈できる。したがって、1軸は「山地区シンボリックタイプ」と「都市部バラエティータイプ」を区別する軸、2軸は「山地区シンボリックタイプ」及び「都市部バラエティータイプ」と「海上部ニュートラルタイプ」を区別する軸であることがわかる。

なお、2軸を横軸にとったカテゴリーの布置図では、「海上部ニュートラルタイプ」を表すカテゴリーが2軸の左側(負の領域)に集まり、「山地区シンボリックタイプ」及び「都市部バラエティータイプ」を表すカテゴリーは縦軸(3~5軸)上に沿って散布するか、原点付近に集まる傾向が見られる。3軸及び4軸を横軸にとった場合にはカテゴリーは全体的に散在するようになる。

一方、926サンプルのサンプルスコアは99タイプに集約されることがわかった。そこで、99サンプル(タイプ)の布置図を作成し、各サンプル(タイプ)の散布を把握した。そして、群平均法によるクラスター分析を行ってこれらを3タイプに分類した。紙面の都合により1例しか紹介できないが、図-13にサンプル(タイプ)の布置図を示す。図中の英字3文字で表現した記号は、左から順に立地条件、構造形式、色系統を表し、それぞれの記号は次のような意味をもつ。

〈立地条件〉

M：山地、P：丘陵・平地、C：都市、S：海上

〈構造形式〉

G：桁橋、T：トラス橋、A：アーチ橋、R：ラーメン橋、C：吊形式橋梁

〈色系統〉

H：白色系統、M：灰色系統、L：黒色系統、R：赤色系統、Y：黄色系統、G：緑色系統、B：青色系統

サンプルの布置図はカテゴリーの布置図に対応するため、図-13における第1のタイプは「山地区シンボリックタイプ」であり、奥木曾大橋、横川大橋、船渡大橋などがその代表例である。第2のタイプは「都市部バラエティータイプ」であり、新倉敷川橋、木更津大橋、新川黒部大橋などがその代表例である。第3のタイプは「海上部ニュートラルタイプ」であり、南・北備讃瀬戸大橋、横浜ベイブリッジ、レインボーブリッジなどがその代表例である。

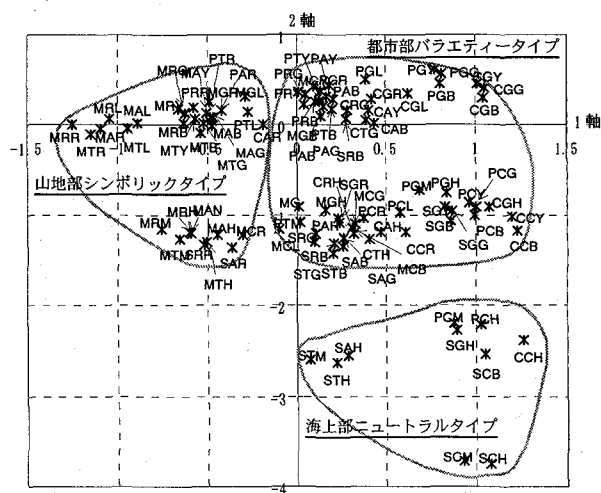


図-13：サンプル（タイプ）の布置図

また、表-9に橋梁タイプ間における各カテゴリーの構成比を示す。なお、表中の記号はA：山地区シンボリック

タイプ、B：都市部バラエティータイプ、C：海上部ニュートラルタイプであり、数値の単位は％を表す。これによると、各橋梁タイプと橋長の間に関連がみられる。200m未満の橋梁にはAタイプが多く、200m以上の橋梁にはBタイプが多いことがわかる。また、Cタイプには500m以上の橋梁が多い。一方、完工年度に関しては顕著な群化の傾向はみられなかった。

表-9：橋梁タイプ間におけるカテゴリーの構成比

	A	B	C
山地	88	12	0
丘陵・平地、都市	8	90	1
海上	10	37	54
桁橋	14	85	1
トラス橋、アーチ橋、ラーメン橋	80	18	3
吊形式橋梁	5	49	46
灰白色系統	18	39	43
赤色系統、黒色系統	75	25	0
赤色系統以外の有彩色	21	79	0
～100m未満	59	41	0
100～200m未満	58	40	2
200～300m未満	33	64	2
300～400m未満	16	81	2
400～500m未満	8	87	5
500m～	6	74	20
1984	43	55	2
1985	43	55	2
1986	41	59	0
1987	49	50	1
1988	37	48	15
1989	40	58	2
1990	48	49	2
1991	33	64	3
1992	55	38	7
1993	45	53	2
全サンプルに占める割合	43	53	4

3.4 現状における橋梁の色彩選定の問題点

2及び3の分析により、わが国の橋梁の色彩における概略的な傾向をつかむことはできた。そこで、分析の結果より、わが国の現状における橋梁の色彩選定に関する問題点をいくつか挙げてみることにする。

3.3の分析結果より、山地部シンボリックタイプの橋梁では、特に赤色系統の色彩が用いられることが多い。山地部では春夏には葉の緑色系が卓越するため、赤色系統とは対比の関係となるが、紅葉の時期には逆に同系の配色となる。どちらの季節に対しても調和を図るためには、対照調和と類似調和を組み合わせる考えなければならぬため、非常に難しい。もちろん神橋のように象徴的な存在感を必要とする場合や周辺地域のシンボルとして目立たせようとする場合も考えられるが、それがあまり数多く目につくようになると象徴性を失って景観は混乱する。また、そのような象徴性を与えるべき橋梁にはある意味での格も必要となってこよう。したがって、基本的には周辺の自然環境色に調和する色彩を選定する方向性が探られるべきであろう。

次に、都市部バラエティータイプの橋梁では、他の2タイプに比べ、選定された色彩に多様性がみられた。このように都市あるいは丘陵・平地では人々の色彩嗜好が非常に多様であるため、橋梁の色彩に対しても多様な色彩を求める傾向があると推測される。しかし、都市内高

架橋など特殊な例を除き、十分な色彩検討が行われないまま橋梁の塗色が決められているものが多いというのが現状であろう。したがって、こういった場所であるからこそ、きちんとした色彩計画を策定し、適切な色彩選定を行うべきである。

橋梁技術者はとかく周辺環境の中で橋梁を主役として考えてしまう傾向にあり、配色の検討においてもコントラストを効かせた配色を選びがちである。橋梁を美しく見せることは確かに重要なことではあるが、橋梁のある環境全体を美しく見せるための配慮はもっと重要であり、そのためには橋梁の色彩がどうあればよいのかを客観的に判断することができなければならない。色彩は周辺の色彩と相対的に把握されるのである。

4. 橋梁の色彩計画事例の調査

4.1 本調査の目的

それでは、橋梁の色彩計画においてどのような色彩選定プロセスを経ると環境に調和し、かつ橋梁を美しく見せることができるような個性ある色彩を選定することができるのであろうか。残念ながら、本研究でその問いに対して明確な答えを見出すことは現段階ではできないが、ここでは橋梁の色彩計画事例の調査を行い、その色彩選定プロセスを比較することによってその手がかりをつかもうと試みた。調査は、表-10に示す19の色彩計画事例に対して行った。このうち、都市と海上に架かる橋梁の色彩計画事例が7つずつ計14あり、景観検討委員会などの組織を設けて色彩選定を行っている場合がほとんどである。一方、山地に架かるの橋梁の色彩計画事例は1例もみられなかった。

表-10：橋梁の色彩計画事例と計画対象範囲

色彩計画名あるいは色彩計画対象橋梁名	計画の対象範囲
東京港連絡橋の色彩検討	①
東京湾横断道路橋梁部	①
白鳥大橋	①
新三国橋	①
福井港テクノポート大橋(仮称)	①
新見沼大橋有料道路	①
平成大橋	①
荒川アーチ橋	①、④
首都高速湾岸線浮島IC部色彩検討	①、④
鋼橋の色彩計画	①、④、⑤
明石海峡大橋	②
新尾道大橋	②
中津川橋梁群の色彩計画	②
東京国際空港ターミナル地区橋梁の色彩計画	②
大三島橋	②
群馬県 橋梁色彩計画マニュアル(案)	③
首都高速大宮線の色彩検討	④
首都高速6号向島線・三郷線の色彩検討	④
首都高速道路公団 色彩設計マニュアル	④、⑤

4.2 色彩計画の対象範囲

橋梁の色彩計画の対象範囲としては、以下のようなものが見られた。()内は調査を行った色彩計画事例に該当する事例数であり、複数該当する事例もある。

- ① 単一の橋梁を対象としたもの（10 例）
- ② 特定地域の橋梁群を対象としたもの（5 例）
- ③ 地域全体の橋梁を対象としたもの（1 例）
- ④ 一路線を対象としたもの（6 例）
- ⑤ 路線網全体を対象としたもの（2 例）

対象が異なれば、当然それぞれの色彩計画の性格も異なり、①では当該橋梁の色彩のみを考えた計画となりやすい。②では、隣接する橋梁群との色彩調和も考慮に入れた選定を行っている。③～⑤においては、個々の橋梁や区間（工区）や地区ごとに色彩がバラバラでは連続感や統一感を失うおそれがあるため、ゾーニングを行って各ゾーンごとに検討が行われることが多い。

4.3 色彩選定プロセスの比較分析

4.3.1 色彩選定のプロセスの集約化

前述した色彩計画事例における色彩選定プロセスはそれぞれ異なるが、その中で共通する内容を集約し、色彩計画の一般的な流れとしてまとめたものを図-14 に示す。

4.3.2 橋梁タイプと色彩選定プロセス

2 及び 3 における調査対象橋梁には、東京のレインボーブリッジや羽田スカイアーチなどのように、客観的に採取された周辺環境色を基にフォトモンタージュやカラーシミュレーションなどによる予測・評価を行って色彩が選定されたものも多少含まれてはいるが、大部分の橋梁は従来の主観的判断による色彩選定が行われたと思われる。そこで、3.3 で得られた 3 つの橋梁タイプと立地条件、構造形式が同一（一部異なる）の 3 橋をとり上げ、その色彩選定プロセスはどのようなものか、また結果としてどのような色彩が選定されたかを探ってみることにする。

- (1) 日向橋：（山地景観に近い）丘陵・平地、トラス橋
- (2) 常磐自動車道小貝川橋：丘陵・平地、桁橋
- (3) レインボーブリッジ：海上、吊形式橋梁

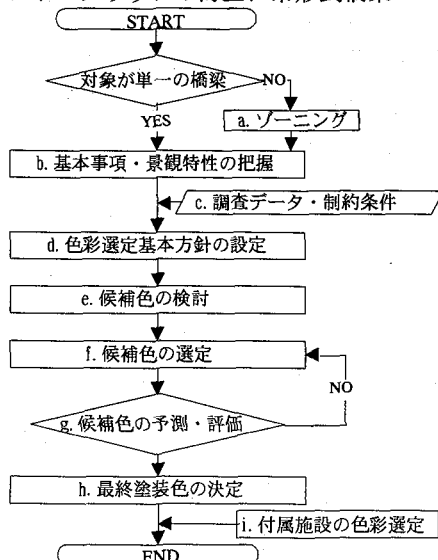


図-14：色彩計画の一般的な流れ

残念ながら、前述したように山地における橋梁の色彩計画事例がなく、「山地部シンボリックタイプ」に該当する橋梁の色彩選定プロセスのデータを見つけることができなかったため、近景の山並みを背景にして見られることが多く、山地景観に近い(1)をやむを得ずとり上げた。図-15 に 3 橋の色彩選定プロセスをもとにした概略的な色彩選定フローを示す。なお、フローの記号は図-14 に対応している。

これによると、(1)は中津川橋梁群の 1 橋、また(2)は常磐自動車道に架かる橋梁の 1 つであるため、まずゾーニングを行っている。(1)では、ゾーン別の色彩選定基本方針（以下選定方針とする）を設定してから環境色調査を行って、その後各橋の選定方針を設定するというプロセスを経ており、ある程度自由度の高い選定方針の設定が行われたのではないかと考えられる。(2)では選定方針の設定をしておらず、ある意味で色彩調和論のみに基づいた候補色の選定を行っている。一方、長大橋のため環境に大きなインパクトを与える(3)では事前調査も多面的に行われ、ゾーニングを除く全ての段階を経て、多くの人が納得できるような色彩を選定している。いずれの選定においても、環境色調査を行って、その後の予測・評価でフォトモンタージュやカラーシミュレーションを行っている。それぞれの橋梁で選定された色系統は、(1) 青色系統[スカイグレイ、2.5PB7/3]、(2) 黄色系統（赤色系統以外の有彩色）[ブライトイエロー、4Y8/10]、(3) 白色系統[白色]であり、(2)と(3)はそれぞれ「都市部バラエティータイプ」、「海上部ニュートラルタイプ」の色系統と一致している。しかし、(1)に関しては立地条件が異なるということもあり、選定色が青色系統であり、「山地部シンボリックタイプ」の色系統とは異なる。

4.4 色彩選定プロセスの違いが選定色に及ぼす影響

選定プロセスの各段階の作業精度や順序の違いなど、選定プロセスの違いによって選定される色が異なるのかについて考察を行った。

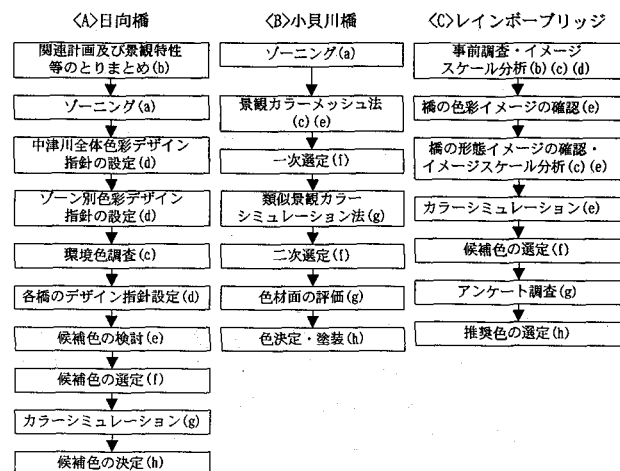


図-15：橋梁タイプを代表する橋梁の色彩選定フロー

図-14のb及びcの段階の調査データが長大橋の事例にみられるように詳細で多岐にわたるほど、その後の分析は多面的になる傾向にある。また、gの段階においては、予測・評価の方法論に精度の違いがあり、長大橋ではカラーシミュレーションなどとともに大型色見本による現地評価も行っておりその精度を高めている。そして、橋梁によっては、図-16のように選定方針が設定された後に上述の基礎調査が行われるものもあり、こうした橋梁では、bやcからのデータのみでは設定できないような自由度の高い選定方針が設定されていた。例えば、斜張橋の色彩選定において、まず主塔と桁の塗分けを行うか行わないかを選定方針として設定した後に基礎調査を行い、その結果を基に候補色を選定する場合などもみられた。

〈b〉→〈d〉→〈c〉→〈e〉→…→〈h〉

〈d〉→〈b〉→〈c〉→〈e〉→…→〈h〉

図-16：選定方針の自由度が高いプロセスの例

dの段階においては、なるべく候補色の太枠（色相範囲あるいはトーン範囲など）が決められるような選定方針を設定することが望ましい。なぜなら、この段階ではどのようなイメージの橋にするのか具体的な目標を明確にすることが重要であり、例えば内外の橋梁の色彩の模倣ではなく、個性ある色彩をもった橋梁をつくろうとした場合にこのイメージがクリアでないと選定が困難になるからである。また、抽象的な選定方針であるほど、その後の色彩調和理論などによる絞り込みの段階や予測・評価の段階における候補色が多くなり、作業の効率も悪くなる。

候補色の選定には、周辺環境の基調色との調和範囲の中から色彩調和論などによって色相やトーンの絞り込みを行う方法と選定方針に合致する色をアンケート評価などにより絞り込む方法などがみられた。当然、アンケート評価の結果はそのメンバーによって異なると考えられ、主観の入る可能性が非常に高い。

最終候補色の選定は少人数の専門家によるディスカッションや意見照会を行った後に多数決方式で1つあるいは数案の候補色をを主観的に選定するケースが多いが、SD法などの計量心理学的手法を用いて、多数の人間による評価を統計的に処理した平均的な評価が採用されることもある。後者の方がより定量的なプロセスであるが、選定された候補色はどちらかというとなかなか色に落ち着く傾向がある。

5. 結論

本研究では、まず過去10年間に建設された単色の橋梁について、立地条件、構造形式、規模（橋長）、時代（完工年度）の4つの要因と橋梁の色系統との関係を統計的に示すことができた。また、これらのうちの9割を占める道路橋についてその関係を定量的に把握することを試みた結果、以下のことが得られた。

(1) 4つの要因を白色系統、灰色系統、黒色系統、赤色系統、黄色系統、緑色系統、青色系統の7つの色系統によって判別することは困難であった。

(2) しかし、この4つの要因の中では立地条件と構造形式が色系統に対しての寄与が大きい。

(3) 立地条件、構造形式、色系統を説明要因としたとき、橋梁は3タイプに分類される。

今回の橋梁色彩調査に際しては、測色の精度の問題から色相のみを扱ったが、今後の課題として明度・彩度についても同様にデータを蓄積していく必要がある。

また、今後の色彩選定において、どのような色彩選定プロセスを経れば最もよい塗色が選定できるのかということを探るために、橋梁の色彩計画事例を調査し、その色彩選定プロセスを比較したところ、色彩選定プロセスやプロセスの各段階の作業精度の違いによって選定される色彩も異なることがわかった。

これから橋梁の色彩選定の役割はますます重要なものになっていくと考えられ、本研究の結果が今後の色彩選定における何らかの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 中尾絵里子ほか：アンケートを用いた橋梁の色彩選定に関する一考察 土木学会第46回年次学術講演会概要集IV, pp. 722~723, 1991. 9
- 2) 磯光夫ほか：日本と欧州における橋梁の色彩に関する一考察 土木学会第49回年次学術講演会概要集I, pp. 390~391, 1994. 9
- 3) 磯光夫ほか：橋梁色と風景との調和に関する一考察 土木学会第50回年次学術講演会概要集IV, pp. 452~453, 1995. 9
- 4) (社) 日本橋梁建設協会：橋梁年鑑 昭和61年度版～平成7年度版
- 5) 高須裕行ほか：河川景観における色彩と陰影の操作に関する研究 土木学会第46回年次学術講演会概要集IV, pp. 474~475, 1991. 9
- 6) 明石行生ほか：建築色彩の写真測色のための基礎的研究 日本建築学会大会学術梗概集, pp. 309~310, 1983. 9
- 7) 大山正、秋田宗平：知覚工学 福村出版, 1989. 5
- 8) 神奈川県厚木土木事務所 (株) 長大：中津川橋梁群景観検討委員会委員会資料, 1994. 2, 3
- 9) (財) 高速道路調査会：鋼橋の色彩計画, 1979. 2
- 10) 東京港連絡橋の景観検討委員会：東京港連絡橋の景観について, 1988. 3
- 11) 杉山和雄：橋の景観マネジメントについて、橋梁と基礎 vol. 29, 建設図書, 1995. 8
- 12) (社) 日本橋梁建設協会：景観マニュアル 1995 橋と景観, 1995. 3
- 13) 山崎啓子、窪田陽一：都市内高架橋の色彩選定に関する実験的研究 1988年度埼玉大学大学院修士論文
- 14) 日本色彩学会編：色彩科学ハンドブック, 東大出版会, 1980. 2
- 15) 群馬県土木部道路建設課：群馬県橋梁色彩計画マニュアル (案), 1995. 7
- 16) 首都高速道路公団工務部設計技術課：色彩設計マニュアル, 1993. 8
- 17) 片脇清士：橋と塗装 (社) 日本鋼橋塗装専門会, 1996. 5
- 18) 本多正久：多変量解析の実際 産能大学出版会, 1993. 1
- 19) 菅民郎：多変量解析の実際 (下), 現代数学社, 1993. 12

(1996年9月6日受付)