

土木構造物の色彩計画における色彩認知特性に関する基礎的研究 一屋外における面積効果による「みかけの色」について— A study of color perception for color planning of structures ; Apparent colors of outdoor by area effect

皆川朋子** 島谷幸宏***

by Tomoko MINAGAWA, Yukihiro SHIMATANI

1. はじめに

朝みかけた橋の色が昼間全く違って見えたり、眼前に広がるカラー舗装があまりにもどぎつくあざやかに見えることを時々経験する。これらは光の条件の違いや面積の広がりによる効果と考えられる。屋外の構造物の色彩計画を行う場合、屋外という光の条件下で色がどのように見えているか、また、面積効果はどのように現れるか等の色彩の基礎的な認知特性は考慮すべき項目であり、特に面積効果(彩色面積が大きくなると色彩の明度・彩度は小面積の場合より高く見える現象)は、大きな面が出現する土木構造物において重要となると考えられる。しかし、これらに関する知見は少なく、色彩計画に反映できるほどの定量的データは得られていないのが現状である。

そこで本研究では、屋外の光の下で実際に見える色を「みかけの色」とし、JISで規定されている物体の表面色の測定方法により測定される色、すなわち標準光の下で測定される色を「JIS色」として区別し、面積効果による「みかけの色」の変化に着目する。

2. 研究の位置づけと目的

面積効果による「みかけの色」の変化を扱うにあたり、まず、「みかけの色」が「JIS色」と異なる要因を整理する。

色は対象物に照射された光のうち、吸収されず反射された光を人間が知覚することにより生じる。従って、基本的な要因として、①対象に照射される光の状況、②人間の色彩認知特性、③太陽・対象物・人間の位置関係があげられる。

①対象に照射される光の状況

太陽からの光と他の景観要素からの反射光があげられる。

(a)自然昼光の状況

対象物に届く光、屋外では自然昼光であるが、これは直射日光と天空光(天空に浮かぶ雲の反射や透過などによって得られる光、晴れた日の天空光を青天空光、曇った日は曇天空光とされている。)からなり、太陽高

度と大気の状態により刻々と変化している。晴天時や曇天時、また早朝や夕刻では昼光の分光分布が異なるため、「みかけの色」は異なってみえる。

(b)景観の空間構成による反射光の状況

景観は様々な景観要素から構成されているため、対象物には太陽からの光だけではなく、他の景観要素からの反射光も照射されている。

②太陽・対象物・人間の位置関係

太陽と対象物の位置関係、対象物と観測者の距離があげられる。

(a)太陽と対象物の位置関係

順光、逆光、側光など太陽と対象物の位置関係により照射状況は異なり、「みかけの色」は異なる。

(b)対象物と観測者の距離

距離が大きくなると、空気中の水滴や浮遊物の表面からの反射によって明度は上がり彩度は低く色味がなくなってみえる¹⁾²⁾³⁾。

③人間の色彩認知特性

人間の網膜の生理的現象による色彩認知(色知覚)の特性として対比現象、同化現象、面積効果、恒常現象などが知られている。

以上のように我々が屋外で実際に見えている色は、これらの要因が複雑に関与している。

「みかけの色」についてこれまで得られている知見には、光路中の微粒子(水滴、空気分子、大気汚染微粒子)による散乱による色の違いに着目し、天候による変化、距離による変化を測定した下村らの研究¹⁾²⁾⁴⁾や文献³⁾等がある。面積効果については、渡辺が行った室内における標準光の下での実験⁵⁾がある。しかし、本研究で対象としている屋外における面積効果については、面積効果の他に、光の条件(直射日光などの強い光)による「みかけの色」の変化も関与していると考えられ、これに関する定量的な把握は明らかにされていない。

また、色彩計画において、「みかけの色」を検討する必要性を指摘している研究には、山本らの研究⁶⁾がある。ここでは、景観として見える色(「景観構成色」としている)と物体色との相違を、景観構成色の相対的な色の関係について、物体色で測定した色の関係と比較することにより示している。しかしながら、色彩計画へ応用できるほどの定量的な把握はなされていない。

*キーワード：色彩、みかけの色、面積効果、照度、景観
**正員、工学修士、建設省土木研究所環境部河川環境研究室
***正員、工学修士、同上室長

〒305 茨城県つくば市旭1番地

TEL0298-64-2587, FAX0298-64-7183

このように、本研究で対象とする面積効果を含め、「みかけの色」を考慮した色彩計画が立案できるほどのデータの蓄積には至っていないのが現状である。この理由として景観を構成している色は単体の色彩ではなく、様々な要素の色彩からなり、それらの関係性の中で対比現象など色彩の認知特性が生じていること、また屋外という光の条件で面積効果など網膜の生理的現象によって生じる「みかけの色」は、分光測光器や光電色彩計など機器を用いては測定できないことがあげられる。

そこで本研究では、屋外における面積効果による「みかけの色」の測定方法を検討し、対象物の大きさ、光の条件、色をパラメータとしたときの「みかけの色」の変化を定量的に把握することを目的とする。

3. 「みかけの色」の測定

(1) 「みかけの色」の測定方法の検討

面積効果が生じる原因は、網膜の生理学的現象により、面積がより大きい対象を見る場合、光による網膜の興奮度が大きい波長の部分では興奮の累加が大きくなり、興奮度の小さい波長の部分では興奮の累加が小さいため、その色らしさが一層強化されてみえる⁷⁾とされている。このように面積効果は人間の認知特性によるものであるため、色を測定する方法として、測色したい対象物と色票(色見本)とを観察者の目で比較して色を決定する視感比較測色方法を用いる。

既往の研究⁸⁾等、これまで視感比較測色方法により「みかけの色」が測定されているが、その際の問題点として、①色票や対象物に照射される光が天気等様々な条件により刻々と変化しているため、標準色票の色も変化し、基準となる色が一定には見えないこと、②測定時の標準色票及び対象物に照射している光の条件が不明であることなどがあげられる。そこで本研究ではこれらを改善するため、JIS標準色票に標準の光D65(色温度6,500Kの昼光を代表)をKenko、DAY-LIGHT(KD-B2D)を用いて一定の光を照射することによって見える色、すなわち「JIS色」を比色の対象として、屋外の光の条件下の試料の「みかけの色」を測定する。なお、試料面に照射される光である自然昼光はコントロールできないため、快晴時でかつ光が安定している時間に測定することにより、ほぼ一定のものと仮定する。試料は観測者から50cm離して垂直に観察できるように、標準色票はJISで規定されている表面色の視感比較測色方法(JIS Z 8723)により、DAY-LIGHT内で標準の光を45°の方向から照明し、これをほぼ垂直に観察できるように配置する。さらに、これらを観察者に対して左右方向に並べ、離間距離をなるべく小さくする。なお、色の測色に対比による影響を小さくするため、試料の背景及び標準色票のマスキ

の色は試料とほぼ同じ明度の無彩色のものを用いる。

(2) 実験方法

(1)で示した方法で、以下に示す〔実験Ⅰ〕及び〔実験Ⅱ〕を行う。〔実験Ⅰ〕は、光の条件、側色試料の大きさ、色による「みかけの色」を、〔実験Ⅱ〕では、光の条件(照度)と「みかけの色」の変化を把握するものである。なお、視感比較測色方法は測色訓練を行うことにより正確な測色を行うことが可能になることから、測色訓練を受け、さらに測色経験の豊富な2名が協議しながら行った。

〔実験Ⅰ〕

以下の条件で、光の条件、測色試料の大きさ、色を変化させ、「みかけの色」の測定を行う。

①光の条件及び測定日時

晴天時の太陽と対象物の位置関係から、基本的な光の条件として晴天時の順光を考え、

a) 視点の背後上方より対象物に照射される場合(直射日光+晴天光)、さらに光の強さ(照度)により、

a-1) 強い光(照度が高い夏の光)

a-2) 比較的弱い光(照度が比較的低い春の光)

b) 直射日光が遮断されている場合(晴天光のみ)を設定する(図-1)。

測定は、a-1)及びb)については1996.7、a-2)については1997.3の晴天時の光が安定している11:00～

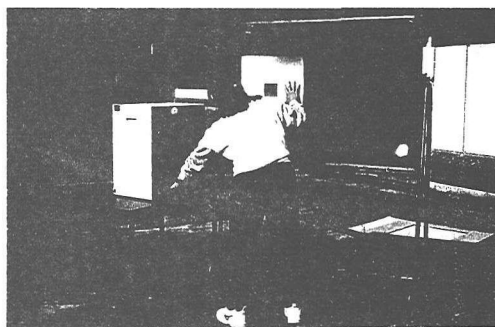


写真-1 測色風景

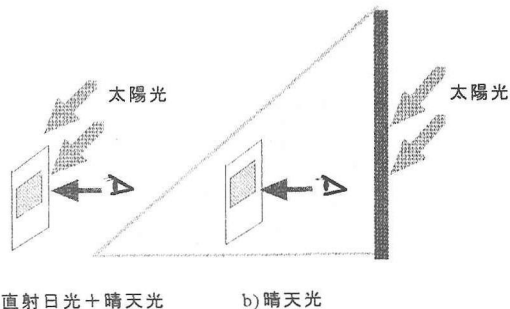


図-1 光の条件

14:00に行った。試料に照射された照度は、a-1)では45,000~55,000lx、b)では1,600~1,900lx、は、a-2)30,000~39,000lxであった。また、標準光源下の標準色票面の照度は2,400~4,000lxであった(表-1)。測定場所は茨城県つくば市、建設省土木研究所内である。

②測色試料の大きさ

試料の大きさは、観測者から0.5m離れて、視角2°、5°、10°、20°、40°、60°で見ることができる6段階とした(表-2)。なお、視角10°~20°は、眺めやすい視角の大きさ⁹⁾、あるいは景観の主対象として眺めることができる大きさであり、視角60°は視野の大部分を占める視角に相当する。なお、比色の対象となる標準光下の標準色票は視角2°の大きさである。

③対象物の素材、色

試料の素材は紙で、塗料により着色したものを用いた。質感は橋梁のような鋼材に塗装したものと似ている。色は、色相、明度、彩度による面積効果の違いが把握できるよう表-3に示す23色を選定した。試料の色相は5R、5Y、5G、2.5PBとし、明度・彩度は低明度中彩度(3/4~5)、中明度低彩度(5/1)、中明度中彩度(5/4~5)、中明度高彩度(5/7~8)、高明度低彩度(7/1)、高明度中彩度(7/4~5)とし、ばらつかせた。

[実験Ⅱ]

以下の条件で、時間変化による照度の低減と「みかけの色」の関係を明らかにする。

①光の条件及び測定日時

[実験Ⅰ]で示したa-2)の条件とする。照度は表-1と同様である。測定は1997.3の光が安定している10:00~17:30の1時間間隔で行い、照度が下がり始めた14:00からは30分間隔で行う。

②試料の大きさ

「みかけの色」の上昇が最も大きくなる視角60°の大きさとする。

③試料の色

[実験Ⅰ]の結果から、「みかけの色」の彩度の上昇が最大であった2.5PB3/4を選定した。

4. 「みかけの色」の変化

(1)面積効果による「みかけの色」の変化

図-2に面積の大きさと「みかけの色」の変化の関係について5Ga-2)を一例に示す。また、図-3①~⑫には、光の条件a-1)、a-2)及びb)における測定結果を示す(図には、「JIS色」、「JIS色」と同視角の「視角2°」、面積効果が最も現れる「視角60°」の値のみを示した)。図-2、3より以下の点が読みとれる。

①光の条件による差異

直射日光下a-1)及びa-2)では、「みかけの色」の差は

表-1 測色面の照度

光の条件	照度(lx)
a)直射日光+晴天光	
a-1)夏	45,000-55,000
a-2)春	30,000-39,000
b)晴天光	1,600-1,900
比色)標準の光	2,400-4,000

表-2 試料の大きさ

視角	大きさ(cm)
2°	1.7×1.7
5°	4.4×4.4
10°	8.7×8.7
20°	17.6×17.6
40°	36.4×36.4
60°	57.7×57.7

表-3 試料の色(JIS色)

	5R	5Y	5G	2.5PB
低明度・中彩度	3/5	*	3/4	3/4
中明度・低彩度	5/1	5/1	5/1	5/1
中明度・中彩度	5/5	5/5	5/4	5/4
中明度・高彩度	5/9	6/8	5/7	5/7
高明度・低彩度	7/1	7/1	7/1	7/1
高明度・中彩度	7/5	7/5	7/4	7/4

*: 試料を作成することができなかったため除いた。

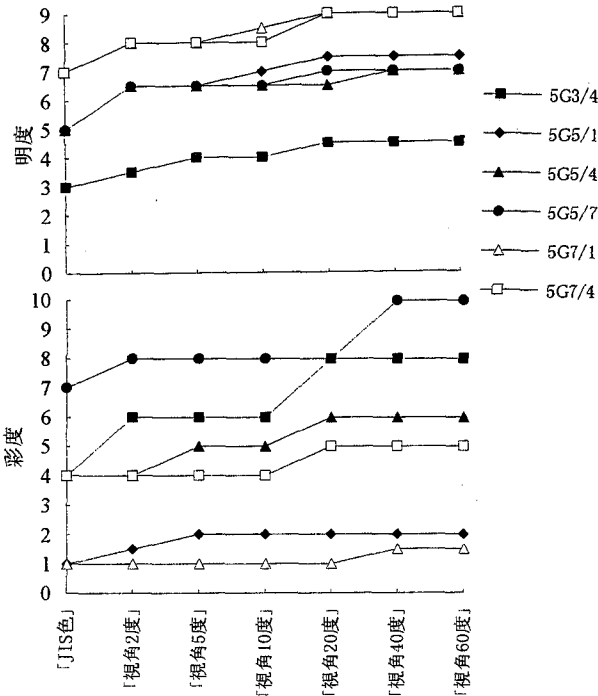


図-2 5G(a-2)における面積と明度、彩度の変化

大きい。一方、日陰b)の差は小さく、「JIS色」とほとんど同じにみえている(図-3)。「JIS色」から「視角2°」への変化は、標準光と屋外の光の違いによるもので、主に明度が1~2上昇し、彩度の変化は小さい。一方、「視角2°」から「視角60°」への変化は、面積効果によるもので試料により異なるが、彩度の変化は大きく、明度の変化は小さい。また、a-1)において5G、2.5PBで、低彩度の色では、視角が大きくなると彩度が低下がみられる。これらは、夏の強い光による反射

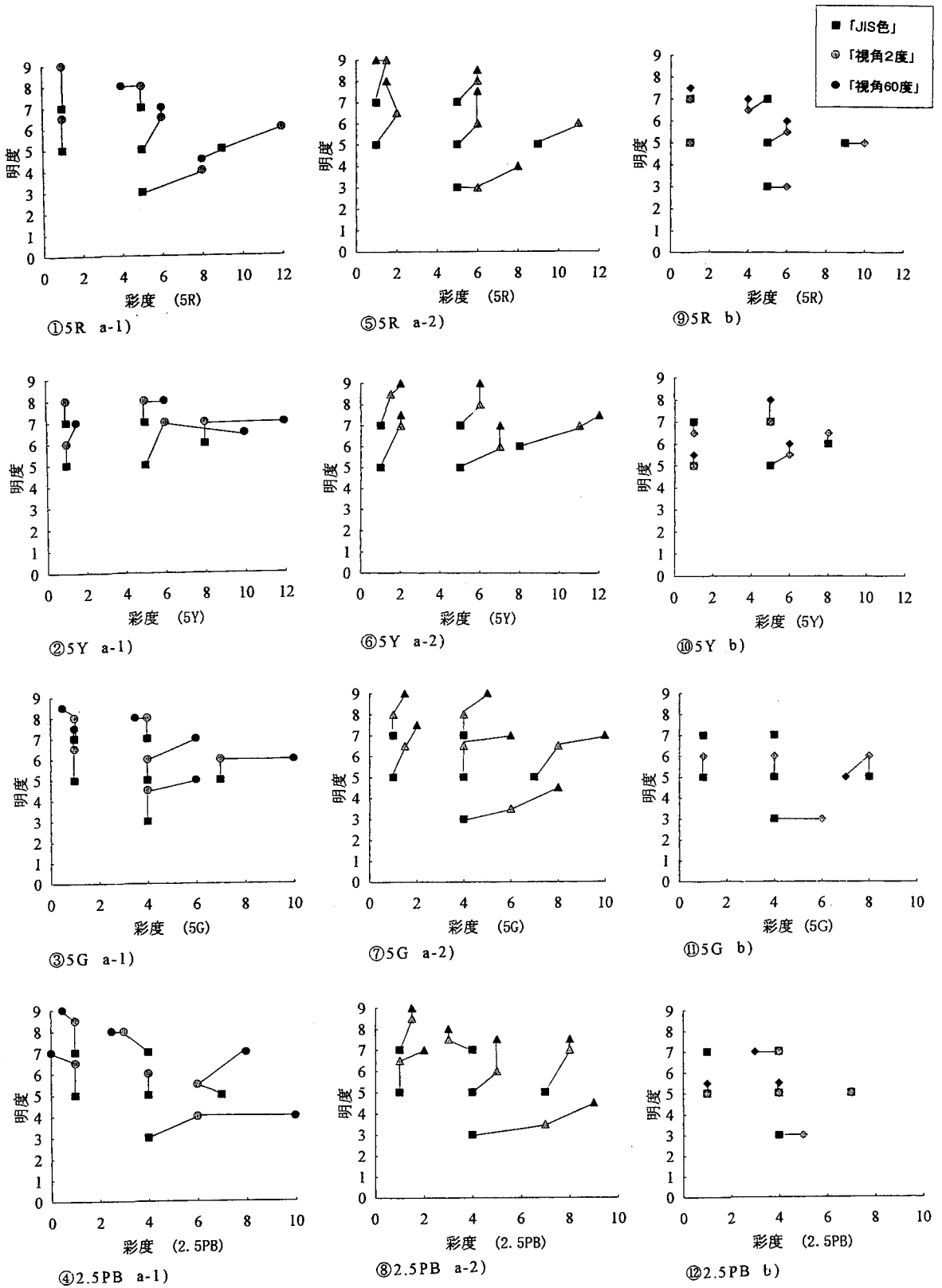


図-3 「みかけの色」の測定結果

により、白っぽくみえているものと考えられる。

②面積の大きさによる差異

図-2 に示した5G a-2)のように、図-3 a-1)a-2)においては、面積が大きくなるにしたがい面積効果が生じ、明度及び彩度が上昇している。5Ga-2)の場合、「視角20°」で明度、彩度の上昇は大きく、「視角40°」で上昇は終わる。しかし、「視角60°」まで上昇をする色もあるなど、面積の大きさと面積効果の現れ方の傾向は色彩や光の条件により異なる。

③明度・彩度による差異 (a-1)、a-2))

低彩度の色は直射日光により、明度が主として1.5～2 上昇し、さらに面積が広がることにより、明度は0.5～1 上昇する。彩度は光の条件や色彩により異なるが、±1 程度の範囲の変化である。すなわち全体的に直射日光では白っぽくみえる<パターン I>。

中彩度の色は、明度により傾向が異なる。中彩度・高明度の色は、低彩度と同様、明度変化が大きく、彩度変化はせいぜい<パターン I>程度である。一方、中彩度・低明度の色は「JIS色」→「視角2°」→「視角60°」で、明度は計1～2 程度上昇するが、彩度は大きく上昇する。2.5PBでは彩度は4→6→10 (a-1)の場合)と彩度は6も上昇する<パターン II>。中彩度・低明度では傾向が分かれ、5R、2.5PBでは、<パターン I>に近く、5Y、5Gでは<パターン II>に近い。

一方、高彩度では(高彩度の色は中明度のものしかない)、<パターン I>に近い変化を示す。

④色相による差異

明度・彩度でみたように、「みかけの色」の変化の傾向は、色の明度、彩度が支配的であり、色相の影響は大きくない。<パターン II>を示す中明度・低彩度における「みかけの色」の変化は、5Rが彩度で3 程度にとどまり(それでも十分大きな値であるが)、5Y、5G、2.5PBの4～6 の変化に比べ小さくなっている。

以上得られた結果と渡辺が行った室内実験の結果⁵⁾(表-4)との比較を以下に示す。

①屋外における面積効果は「JIS色」と比較すると、明度は最大2.5、彩度は6 高く見え、屋内の場合と比較すると彩度の上昇が著しい。

②屋内実験では、面積効果による彩度の低下は生じていないが、夏における屋外では、高明度・中彩度、高明度・低彩度では、彩度が低下してみえる。

以上示したように屋外における面積効果による「みかけの色」の差異は従来知られていた室内実験の結果と比べるとはるかに大きいことが把握された。

(2)時間変化による照度の変化と「みかけの色」

図-4 に、直射日光下a-2)における午前10時から午

表-4 室内実験の結果⁵⁾

色	「みかけの色」の変化
低明度・低彩度	明度・彩度ともほとんど変化しない
高明度	明度・彩度とも大きく変化し、高く見える (例: 7/4 明度は1くらい、彩度は2くらい上昇)
高彩度	彩度が高く見える (例: 5/8 彩度が2くらい上昇)

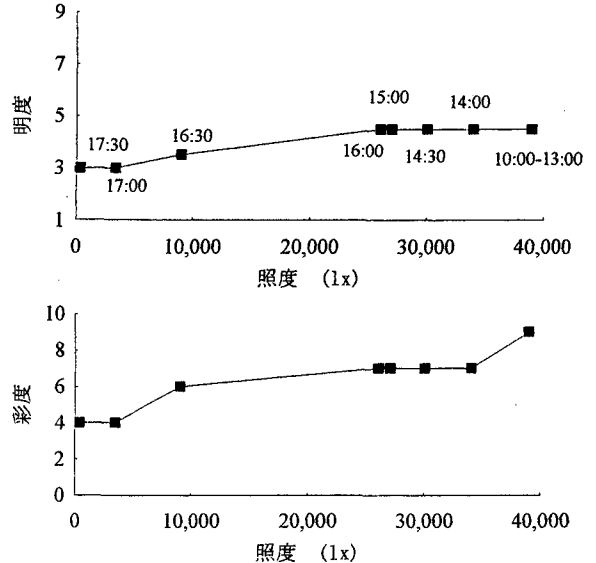


図-4 照度と「みかけの色」の関係

後5 時30分までの照度と2.5PB3/4の「みかけの色」との関係を示す。照度は午前10時から午後1 時まではほぼ一定で、午後2 時ころから照度は下がりはじめ、4 時以降急激に下がる。39,000lxから26,000lxまでは「みかけの色」は2.5PB4.5/7でほぼ一定で、「JIS色」より明度は1.5、彩度は5 高く見えている。19,000lxになると明度、彩度とも下がり始め、3,400lx以下になると「JIS色」とほぼ同様にみえている。

このように、1 日の多くの時間で、光の条件と面積による「みかけの色」の変化が生じていることがわかる。

5. 構造物における2、3 の検証

本研究の結果を踏まえ、「みかけの色」を特に考慮すべき土木構造物として、視角が大きく、かつ北面、南面(直射日光が当たる面、当たらない面)をもつ橋梁を例に面積効果による「みかけの色」の検証を行う。ここでは、橋梁の視角が大きい都市部の橋梁として、隅田川に架かる橋梁を事例に考察を進める。なお、景観評価において、色彩要因による影響は、近景や中景において強く現れる²⁾ことから、面積効果による色の

見え方を検討することは意義があるものと考えられる。

図-5 は隅田川における11橋の「JIS色」を色彩色差計(ミノルタ、CR-110)を用いて測定した結果を示したものである。隅田川の橋梁の色彩は、明度は4~6.5の範囲で中明度がほとんどであり、彩度は新大橋のみが高彩度でその他は低・中彩度である。これと本研究における「みかけの色」の測定結果と照らし合わせてみると、我々が見ている色を推測することができる。一例として、永代橋及び清洲橋を対象に視角60°の大きさと測色できるようマスクを用いて「みかけの色」を測定した。永代橋の「JIS色」は、1PB2/5.5が、「みかけの色」では3/8、清洲橋では6PB4/3が4/8に見えている。本研究の結果とほぼ一致していることがわかる(図-5)。

果たして、計画者が意図していた色は表現されているのだろうか。意図した色を表現するためには、本研究で示した結果を参考に、現実の光の条件下で、同一の視角の条件下での供試体等を作成することが基本となるだろう。

6. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

(1)「みかけの色」の測定方法を示した。

(2)屋外における面積効果については、以下を得た。

①直射日光と晴天光の場合では「みかけ色」は異なり、直射日光(夏及び春)では面積効果は大きく、最大で明度2.5、彩度6上昇してみえる。晴天光では「JIS色」との差異は小さい。

②明度・彩度に、面積効果の傾向がみられ、低明度・中彩度、中明度・中彩度、中明度・高彩度では彩度の変化が大きく、中明度、低彩度、高明度・低彩度では小さい。色相による差異は明度・彩度の差異に比べ大きくない。

③これら見かけの色の差異は従来知られていた室内実験の結果と比べるとはるかに大きい。

④直射日光下(春)において、1日の時間変化による照度の変化と「みかけの色」との関係を示した。

(3)構造物において2、3の検証を行った。

以上のようにみかけの色は、JIS色と大きく異なっており見え、土木構造物の色彩計画を立てるの際、無視しえない現象であることが把握された。本研究は、土木構造物の色彩計画に対して、色彩認知特性の基礎的知見の一つを提供できたものと考えられる。

景観の色彩を考える場合、背景との関係が最も重要となると考えられる。今後は、対比現象が生じた場合の色彩の認知特性について検討を行う予定である。

- | | | |
|------------|-------------|---------------|
| 1 勝鬨橋(N) | 5 新大橋(0.1Y) | 9 櫻橋(2.5Y) |
| 2 佃大橋(7GY) | 6 眠橋(7.5GY) | 10 白鷺橋(5G) |
| 3 永代橋(1PB) | 7 駒形橋(4PB) | 11 蔵前橋(2Y) |
| 4 清洲橋(6PB) | 8 吾妻橋(8R) | 3' 永代橋「みかけの色」 |
| | | 4' 清洲橋「みかけの色」 |

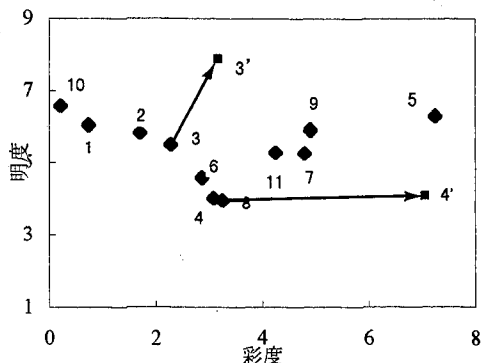


図-5 隅田川橋梁の「JIS色」と「みかけの色」

参考文献:

- 1) 正木光・下村恭子: 都外野野の見かけの色Ⅱ 混濁大気の影響、日本色彩学会誌、Vol.11、No.1、pp.15-16、1987。
- 2) 麻生恵・進士五十八他: 風景地建築色彩基準の設定に関する研究、造園雑誌、No.47(2)、pp.87-111、1983。
- 3) 近藤恒夫: 景観色彩学、理工図書、1986。
- 4) 下村恭子・正木光: 都市野野の見かけの色Ⅰ 天候および季節による変化、日本色彩学会誌、Vol.11、No.1、pp.12-13、1987。
- 5) 渡辺圭子: 面積による色彩の見え方の変化に関する研究、日本建築学会講演、pp.61-62、1970。
- 6) 山本早苗・中村芳樹・乾正雄: 光環境を考慮した景観構成色に関する研究、日本建築学会計画系論文集、pp.485.9-15、pp.9-15.1996。
- 7) 日本色彩学会編: 新編 色彩科学ハンドブック、東京大学出版、1980
- 8) 勝俣 盛ら: 鋼橋における色彩選定の向上に関する基礎的研究、土木学会年次講演、pp.398-399、1994。
- 9) 中村良夫: 風景学入門、中央公論社、1982。
- 10) 近藤恒夫: 色彩学、理工図書、1969。
- 11) 小山亜紀・沢田敏美他: 外部視環境の輝度・色度の測定と分析特性分析(その1)、日本建築学会講演、pp.433-434、1987。
- 12) 沢田敏美・小山亜紀: 外部視環境の輝度・色度の測定と分析特性分析(その2)、日本建築学会、pp.435-436、1987。
- 13) 高須祐行・島谷幸宏: 河川景観における色彩と陰影の操作に関する研究、土木学会講演、pp.474-475、1991。
- 14) 乾正雄: 建築の色彩設計、鹿島出版会、1976。

土木構造物のような屋外の構造物の色彩計画を行う場合、屋外の光の条件の下でどのように見えているか、また、面積効果はどのように現れるか等の色彩の認知特性は考慮すべき重要な項目であると考えられる。本研究では、屋外における面積効果による「みかけの色」について、試料の大きさ、光の条件、色をパラメータとして測定を行い、以下の結果を得た。

①面積が大きくなるほど、直射日光(夏及び春)下では、「みかけの色」は変化し、明度、彩度が上昇する。(最大で明度は2.5、彩度は6 上昇する。)晴天光下では変化は小さい。

②直射日光下における「みかけの色」の変化は明度・彩度により傾向がみられる。変化の傾向として2 パターンを示した。

③屋外の直射日光下における面積効果による「みかけの色」の変化は従来知られていた室内実験の結果と比べるとはるかに大きい。

④直射日光下(春)において、1 日の時間変化による照度の変化と「みかけの色」との関係を示した。

A study of color perception for color planning of structures
; Apparent colors of outdoor by area effect

Tomoko MINAGAWA, Yukihiro SHIMATAN

The purpose of the study is to measure the apparent colors by area effect under the sunlight for color planning of structures.

We considered the method of measure the apparent colors by area effect under sunlight, and measured the 23 colors, 5 types size, on the condition under the direct ray, and without the direct ray. The result is as follows: 1) Under the direct ray, the apparent colors of large size sample is seem more brightness and vivid than object colors. The value rise 2.5 and the chroma rise 6 (maximum). Without the direct ray, the apparent colors is seen the same as object colors. 2) The deference between apparent color and object color is influenced by chroma and value of the sample. 3) Compared with indoors, under the direct ray, the raising of chroma of the apparent colors is more big. 4) It is showed the relation between the illumination and the apparent color in a day.