

河床の色彩と水面の照度を考慮した 河川の水量感に関する視覚心理的実験

A PSYCHOLOGICAL EXPERIMENT ON THE VISUAL EFFECTS OF RIVERBED COLORS
AND WATER-SURFACE ILLUMINANCE
ON THE IMPRESSION OF THE VOLUME OF RIVER WATER

山下三平¹・龍直幸²

Sampei YAMASHITA and Naoyuki RYU

¹正会員 工博 九州産業大学助教授 工学部土木工学科 (〒813-8503 福岡市東区松香台2-3-1)

²学生員 九州産業大学大学院 工学研究科 (〒813-8503 福岡市東区松香台2-3-1)

This study examines effects of colors and illumination on the impression of water flow by using an indoor artificial channel. The visual evaluation of water flow varies either with the combination of water-surface illuminance and water depth or with that of riverbed colors and water depth; on the other hand, the affective evaluation of water flow is influenced by the combination of riverbed colors and water-surface illuminance. The impression of the volume of river water increases with water-surface illuminance when the water is deep but decreases with it when the water is shallow. This study discusses how to apply these findings to the aesthetically-appropriate levels of water flow in real waterscapes.

Key Words: Colors, illumination, river landscape, psychological experiment

1. はじめに

河川の水量として適切な量とはいかなるものであろうか。この課題には、治水、利水、および環境という河川の3つの働きに基づく機能的な観点からアプローチすることができる。しかしこれらとは別に、視覚心理的な方法論も必要と考えられる。視覚心理的な評価から好適な水量をもとめ、その量が河川の3機能と矛盾しないかどうかを検討することは、自然の制約と人間の美的価値の追求との調和を探ることであり、その意味で文化に貢献しうるからである。

透視度が高く、流速、水面幅、および水深が大きければ、水量感は大きくなると容易に予想される。とはいえ同じ流速、水面幅、および水深であっても、河水の透視度が高ければ河床の色彩によって河水の印象は異なるであろうし、透視度が低い場合でも水面付近の照度によってその印象は左右されると想定される。しかし従来、これらの点に十分な検討が加えられてきたとは言い難い。

逢沢と篠原は、レイノルズ数やウエーバー数と水流の乱れの印象との関係を水理実験により扱ったが、光と色彩の効果の測定や、人々の印象を測る心理実験は行っていない¹⁾。亀谷らは、都市河川景観の色彩を検討したが、街路景観とは異なり、実河川景観に特徴的な要素の抽出はできなかったと述べている²⁾。BrownとDanielはCache La Poudre 川(コロラド)を対象に、ビデオ映像を用いた水の流れの心理実験によって美的に最適な流量を31-42 m³/sと推定したが、ビデオ撮影時の照度や異なる撮影時期の色彩変化に関する考慮を行っていない³⁾。

いっぽう、島谷は被験者に実河川のスライドを見せる心理実験で、「みかけの河川幅」と「みかけの水面幅」との比と、水の深さに関する被験者の評価とが「水量感」と相関することを示した。また彼は現地心理実験により、河川の水質に関する被験者の評価が水の透視度だけでなく、水深ならびに水の色に関与していることを確認した⁴⁾。前者の実験で彼は河床色が「水量感」に関与する可能性を示唆したが、実証には至っていない。

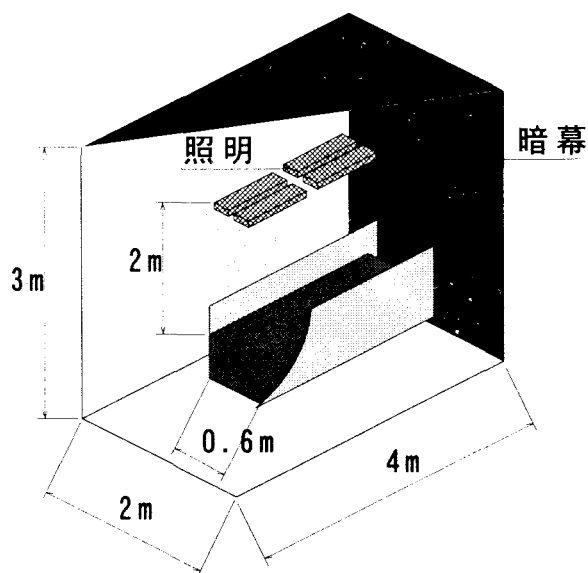


図-1 室内水路実験装置

いし、光の効果の検討もなされていない。また後者の実験においては、光の強さと透視度との関係は示されたが、光が水の流れに関する被験者の情緒的な評価にいかに関与するかは扱われていない。

そこで本研究は、照度を制御できる空間に設置した実験水路を用い、一定流量のもとで、河床の色、水面における照度、および水深を変化させて、水量感を含む7評価項目（流速感、深さ感、水質感、好感、美観、および安全性）について視覚心理の実験を行い、景観的に望ましい河川水の量を求めるうえで必要な基本的知見を得ることを目的とする。

2. 実験の概要

室内の人工水路（幅60cm×深さ45cm）の上部を長さ4m×幅2m×高さ3mの暗幕で囲って外光を遮蔽した空間を設け、その内部に照度が調節できるよう変圧器に接続した照明装置を取り付けた（図-1参照）。

河床の色彩は黒、白、緑（モスグリーン）、灰の4色の板（4m）を用意し、それを置き換えることで河床色を変化させた。黒と白は明度の両極、緑と灰はそれぞれ自然的ならびに人工的な河床を象徴的に表すものとして選んだ。水の色は無色透明である。

河床の各色彩ごとに、水深を10～40cmと10cm毎に4段階、各水深で照度を1, 44, 318, 1095, および1655 lxの5段階で非系統的に変化させ、その都度被験者に水流の印象についての評価をSD評価シートに記入してもらった。流量は0.0178m³/secに固定した。実験の際には、視覚情報に集中させるために、被験者に耳栓をさせて流れの聴覚刺激を極力抑えるよう工夫

表-1 各評価項目と評価値*

評価値	端に -2	端に -1	どちらでもない 0	端に 1	端に 2
感覚的評価	ある	水量感	ない		
	遅い	流速感	速い		
	浅い	深さ感	深い		
情緒的評価	汚い	水質感	きれい		
	好ましくない	好感	好ましい		
	美しくない	美観	美しい		
	危険	安全性	安全		

*使用したSD評価シートでは、各項目の両極の「形容詞対」の並べ方は非系統的にしている。

した。評価項目は、「水量感」、「流速感」、「深さ感」、「水質感（きれいさ）」、「好感（好ましさ）」、「美観（美しさ）」、および「安全性」の計7項目であり、5段階尺度を付した（表-1）。

実験は2回に分けて行い、第1回は板色（河床色）が黒と白、第2回は緑と灰色であった。被験者は九州産業大学および九州大学の学生で、初回は58名（1998年11月実施）、2回目が60名（1999年9月実施）である。

実験で得られたデータのうち、河床の色彩、水面の照度、および水深を説明変数（独立変数）とし、各評価項目を被説明変数（従属変数）として、後の分析は行われる。その被説明変数である各評価項目には、流速や水深に関わる流れの量的な判断と、見た目の美しさや安全さなどのイメージに関わる流れの質的な判断とが含まれる。そして量的な判断では情緒より感覚が、質的な判断では感覚より情緒が卓越してはたらくことであろう。そこで評価がこのいずれの範疇で行われるかによって、被験者の反応は異なるであろう。たとえば、前者は後者に比べ感情のしめる比重が低いので、項目間で一貫性の高い反応となると考えられる。そして水量感、流速感、および深さ感といった水流の感覚的な評価を表す項目は前者に、水質感、好感、美観、および安全性といった水流の情緒的な評価を表す項目は後者に分類されるであろう。これらのことを考慮しつつ、あらかじめ想定された仮説を示すと以下のようになる：

仮説1：感覚的な評価項目と情緒的な評価項目とでは、被験者の反応が異なる。

仮説2：水量感と深さ感とは正の相関をもつが、この両

者と流速感は負の相関をもつ。

仮説3:水量感または深さ感と安全性との関係は逆相関になる。

仮説4:河床の色彩が黒または緑であり明度が低いときは、白または灰の場合に比べて、水量感と深さ感が大きくなる。

仮説5:照度が高くなれば水量感と深さ感が減少し、流速感が上昇する。

仮説6:照度が高くなれば情緒的評価が高くなる。

仮説7:水深が上昇すれば水量感ならびに深さ感も上昇し、流速感は減少する。

以上の仮説1～3は各評価項目間の相互の関係に関するものであり、仮説4～7は説明変数と被説明変数の関係に関するものである。

3. 分析の結果

(1)各評価項目の相関関係(仮説1～3)

各評価項目は順序尺度であるので、Kendallの順位相関係数 τ_b ($-1 \leq \tau_b \leq 1$) を求めて相互の関係を調べた⁵⁾。その結果を表-2に示す。感覚的な評価項目である水量感、流速感、および深さ感の間の相互の関係は、情緒的な評価項目である水質感、好感、美観、および安全性の相互の関係と同様に、比較的相関係数が大きい ($|\tau_b| > 0.3$)。とくに感覚的な評価の中では、水量感と深さ感の相関が高く ($\tau_b = 0.654$)、情緒的な評価では美観と水質感 ($\tau_b = 0.567$)、および美観と好感 ($\tau_b = 0.512$) の相関が高い。いっぽう感覚的な評価と情緒的な評価との間の相関は、安全性との関係を除けば、相対的に低くなる ($|\tau_b| < 0.15$: 仮説1)。

さらに、水量感または深さ感が増せば流速感が減少することがわかる(仮説2)。また、水量感または深さ感が増せば安全性の評価が減少することが、この評価の他の情緒的評価との際だった相違点である(仮説3)。

仮説1～3は、以上のようにすべて支持される。

(2)色彩/照度と感覚的/情緒的評価(仮説4～7)

a) 平均評価値

図-2は評価項目、河床色、水面照度、および水深を区別して、平均評価値を示したものである。水深が最深の40cmの場合に明らかに確認されるとおり、仮説4の主張とは逆に、河床色が白と灰の場合に黒と緑よりも水量感と深さ感の平均値がどの照度でも大きくなる。

また、仮説5と異なり、水深がもっとも大きい40cmときには、いずれの河床色でも照度上昇にともなって

表-2 各評価項目の相関係数 (Kendall の τ_b)

	水量感	流速感	深さ感	水質感	好感	美観
流速感	-0.366*					
深さ感	0.654*	-0.446*				
水質感	0.039*	0.039*	-0.058*			
好感	-0.042*	0.131*	-0.137*	0.451*		
美観	-0.001	0.119*	-0.088*	0.567*	0.512*	
安全性	-0.249*	0.159*	-0.383*	-0.347*	0.313*	0.322*

*5%水準で有意(両側) [太字は絶対値0.5以上]

水量感が大きくなる傾向がある。しかし以下の3点は、仮説5を支持する結果である:水深が20cmより小さく、比較的浅い流れのときには、黒と緑の河床色の場合に容易に確認されるように、照度上昇により、水量感と深さ感が減少する傾向がみられる。とくに深さ感は、30cm以下の水深の場合、河床色に関わらず照度上昇にともなって減少傾向を示す。また、流速感は水深が10cmのときに、河床色に関わらず、照度上昇にともなって増加する。

情緒的な評価である水質感、好感、美観、および安全感は、いずれの水深でも照度上昇にともなって平均の値が大きくなり、仮説6は支持される。

図-2からはさらに水深上昇にともなって水量感と深さ感が上昇し、流速感が減少する様子が明らかに確認され、仮説7は支持される。

以上のようにここに示した分析結果には、仮説4と仮説5の一部に相反する結果がみられた。

b) 変数の交互効果:対数線型モデルの分析による最適モデルの選択

対数線型モデルは、複数の変数の組み合わせから最適なモデルを選択する方法であり、複合的な影響すなわち交互効果が考えられる離散型変数の分析に有効である⁶⁾。ここでは3種類の実験条件(河床色・水面照度・水深)を説明変数とし、各評価項目を被説明変数としてそれぞれの最適モデルの抽出を行う。ここに「最適モデル」とは、変数間のすべての交互作用を含むモデルである「飽和モデル」から、高次の交互効果の項を順に取り除き、その都度、高次項を取り除く前後のモデル間で尤度比 χ^2 検定を行って、有意差(5%)がみられたところでこの繰り返し作業をやめ、このとき確定された当該項を省く直前のモデルのことをいう。こうして求められた最適モデルの一覧を表-3に示す。

まず、感覚的な評価である水量感、流速感、および深さ感は、いずれも河床色と水深の交互効果、または水面照度と水深の交互効果を受けるが、河床色と水面照度の交互効果は受けない。

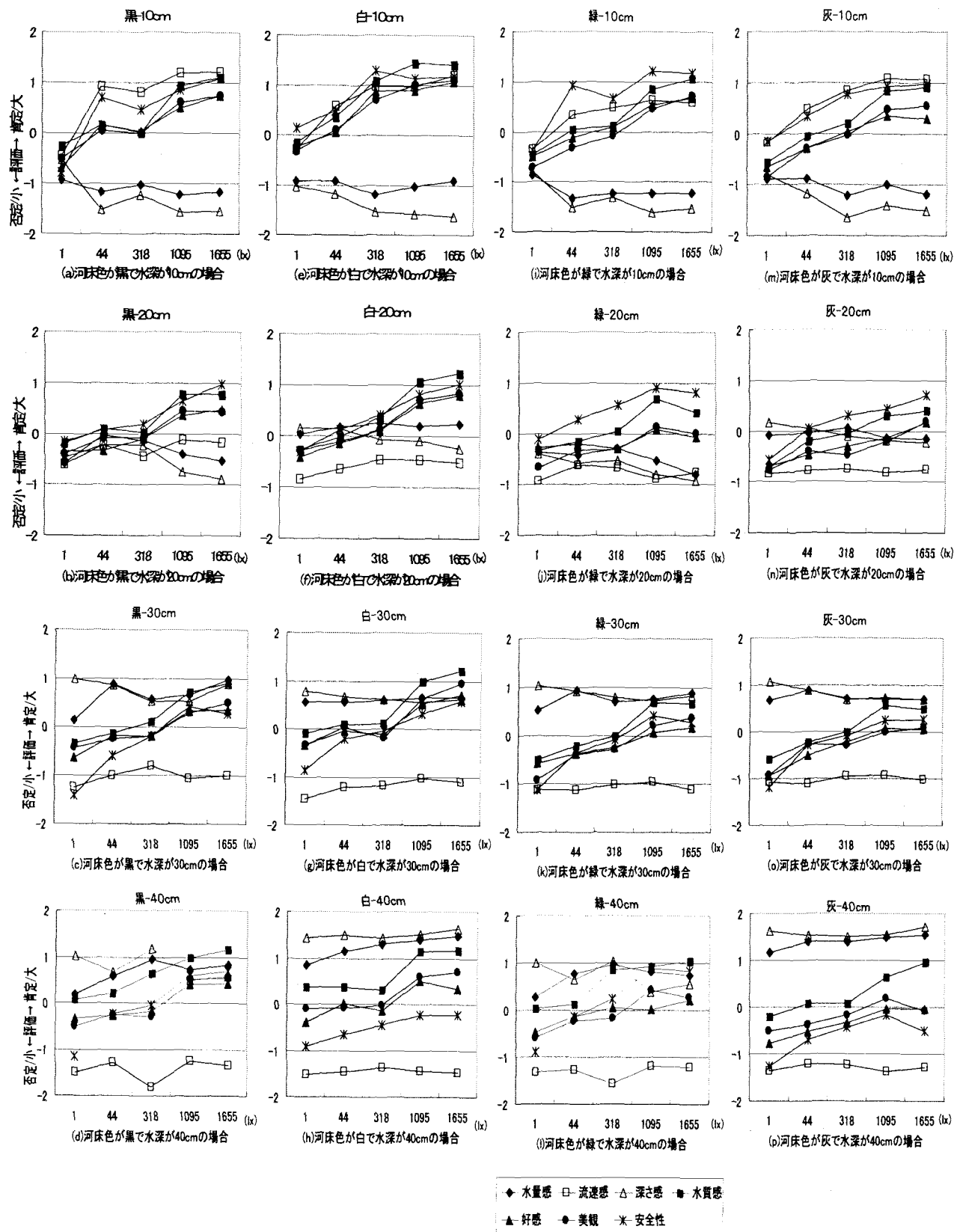


図-2 評価項目、河床色、水面照度、および水深ごとの平均評価値

表-3 評価に与える河床色、水面照度、および水深の交互効果（対数線型モデルによる最適モデル*）

感覚的評価	水量感	[水量感・河床色・水深][水量感・水面照度・水深]
	流速感	[流速感・河床色・水深][流速感・水面照度・水深]
	深さ感	[深さ感・河床色・水深][深さ感・水面照度・水深]
情緒的評価	水質感	[水質感・河床色・水面照度・水深]
	好感	[好感・河床色・水面照度][好感・河床色・水深][好感・水面照度・水深]
	美観	[美観・河床色・水面照度][美観・水面照度・水深]
	安全性	[安全性・河床色・水面照度・水深]

*「最適モデル」とは、変数間のすべての交互作用を含むモデルである「飽和モデル」から、高次の交互効果の項を順に取り除き、その都度、高次項を取り除く前後のモデル間で尤度比 χ^2 検定（5%水準）を行って得られたもの。また、たとえば、 $[A \cdot B \cdot C]$ $[A \cdot B \cdot D]$ という表記は、変数Aが、変数Bと変数Cの交互効果、または変数Bと変数Dの交互効果を受けるが、CとDの交互効果は受けないことを意味する。また、これらより低次の交互効果と主効果はモデルの中に含まれていることも表されている⁶⁾。

情緒的な評価である水質感と安全性は、河床色・水面照度・水深のすべての交互効果を受ける。いっぽう同じく情緒的評価である好感は、河床色と水面照度、または河床色と水深、さらにまた水面照度と水深の交互効果を受けるが、河床色・水面照度・水深のすべての作用を同時に含む交互効果を受けない。さらに美観は、河床色と水面照度、または水面照度と水深の交互効果を受ける。

このように感覚的な評価の方が情緒的な評価よりも、モデルの共通性が高い。また、感覚的評価の各モデルには、河床色と水面照度の交互効果が含まれないのに対して、情緒的な評価の場合、いずれの最適モデルにもそれが含まれており、特徴的である（仮説1）。

4. 考察：とくに「正常流量」をめぐる

島谷は「水量感」が景観的に河川の「正常流量」を検討する際の重要な概念であると述べている⁴⁾。また、「水量感」と関連する心理量として「水の深さ」すなわち本研究の「深さ感」を統計的に抽出している。この心理量としての「水の深さ」は、当然のことながら物理量としての水深と高い相関を示した。

本研究においても水量感と深さ感との高い相関や（仮説2）、深さ感と水深との高相関が示され（仮説7）、島谷の結果と一致する。本研究ではさらに、水量感または深さ感が、河床色および水面照度によってどのような影響を受けるかを検討した。制約された条件下で得られた結果ではあるが、ここではそれを「正常流量」の景観的検討に活用する方法を探りたい。

水量感または深さ感は、河床色と水深、または水面照度と水深の交互効果を受ける（表-3）。そして水量感または深さ感を高める条件として：1) 水深が比較的大きいときは河床の明度が高いか、2) 水面照度が大いこと；3) 水深が小さいときは水面照度が低いこと；を挙げることができる（図-2）。

たとえば高度に人工的な都市内の水路に透視度が高く無色に近い水が流れており、水路床の色と照明の強さの制御が可能だが、大きな水深を確保できない場合は、照度を押さえることで水量感／深さ感を与えることができるであろう。

これに対して、自然度の高い河川景観が対象で、河床色や光の制御が困難な場合には、つぎのような事項を景観的な「正常流量」の検討に盛り込むことが必要と考えられる：1) 河床材料の明度が低いときには、比較的水量感／深さ感が得られやすいこと；2) 水深が大きくなるとも朝夕の日照の弱い時間帯—この時間帯の河川空間利用者の数はきわめて多くなる傾向がある⁷⁾—の水量感／深さ感は低くならないこと。

いっぽう、情緒的な評価はいずれも照度の上昇にともなって高くなる（図-2）。この種の評価と、照度上昇にともなって減少する場合がある水量感／深さ感との折り合いも、「正常流量」の議論には欠かせないと思われる（仮説1と6）。

なお、先述のとおり仮説4と5の一部は実験結果に反するものであった。すなわち河床色の明度が高い方が低いものより水量感／深さ感が大きいことと（仮説4の反証）、水深が大きいときには、照度が高い方が相対的に水量感が高く見積もられることである（仮説5

の反証)。

前者に関しては当初、河床色の明度が低ければ、水面の鏡面としてののはたらきが増し、その結果水深が大きく感じられるようになるのではないかと想定したが、このことが逆に水深の見積もりすなわち深さ感の評価を困難にさせたのではないかと思われる。また後者に関しては、照度が高い方が相対的な水量の判断を容易にさせることが理由と解釈される。

5. おわりに

本研究は河床の色彩と水面の照度が河川の水量感に与える影響を、実験水路を用いて視覚心理実験的方法により検討した。その結果、水量感や深さ感のような感覚的な評価は、美観や好感といった情緒的な評価とは顕著な相違を示すことが明らかになった。また、水量感／深さ感を高める要件として：1) 水深が比較的大きいときは河床の明度が高いか、2) 水面照度が大きいこと；3) 水深が小さいときは水面照度が低いこと、が確認された。さらに、これを実際の水辺空間の景観的な「正常流量」の検討に用いる方法の検討も行われた。

今後は、より高照度または高流量の条件下における

同様の実験が必要である。

参考文献

- 1) 逢澤正之, 篠原修: 自由落下型と越流型の落水表情についての実験的研究, 土木学会論文集, No. 593/ II -43, pp. 105-115, 1998.
- 2) 亀谷義浩, 奥俊信, 舟橋國男, 木多道宏: 都市景観における色彩の様相に関する研究 - 大阪都心部の商業・業務地区をケーススタディとして, 日本建築学会計画系論文集, 第523号, pp. 195-202, 1999.
- 3) Brown, T. C. and Daniel, T. C. : Landscape aesthetics of riparian environments: Relationship of flow quantity to scenic quality along a wild and scenic river, *Water Resources Research*, Vol.27, No.8, pp.1787-1795, Aug., 1991.
- 4) 島谷幸宏: 河川等の水空間における水の豊かさ, 清らかさに関する景観工学的研究, 九州大学博士論文, 1999.
- 5) 安田三郎, 海野道郎: 社会統計学, 丸善株式会社, 1982.
- 6) 松田紀之: 質的情報の多変量解析, 朝倉書店, 1988.
- 7) 山下三平, 八島博文, 毎熊敏彦, 小川貴史, 佐藤元治, 松下憲司: 福岡の都市河川における親水行動観察, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 842-843, 1996.

(2000. 4. 17 受付)