

複合環境下における河川空間と周辺市街地の快適性評価

Comfort Analysis of River Space and Surroundings under Complex Environment

木内 豪*, 栗城 稔*, 小林 裕明*

By Tsuyoshi KINOUCHI, Minoru KURIKI and Hiroaki KOBAYASHI

Comfortable environment is necessary for human-friendly urban space with small stresses. Riverine areas have a potential ability to provide comfortable exterior space with the existence of water surface. In this paper, physical and sensational factors relevant to comfort sensation are analyzed on the basis of field observations of visual, sound and thermal environment as well as questionnaires on various human sensations in riverine areas. Applying the quantification theory, we revealed the influence of various sensations on comfort, resulting in the significance of sound and thermal environment as well as visual environment.

Key words: Exterior design, Riverine area, Comfort sensation, Quantification theory

1. はじめに

人間性の回復と精神的な豊かさの実現を目指して様々な取り組みが始まっている。例えば、建設省の「生活福祉空間づくり大綱」では、高齢者・障害者を含む全ての人々が生涯を通じて健康で心豊かな生活を送るための住宅・社会資本整備のあり方などについて策定している。精神的な豊かさを実感できる社会資本整備や街づくりには何が要求され、それはどのように行ったらよいのかを明らかにすることが効率的な投資にもつながる。

本論文では、街づくりと関連して人間にとって快適な都市域のオープンスペースをどのような評価尺度に基づいて計画・設計すればよいかについて現地調査により検討した結果を紹介する。一般的に、外部空間は室内のような制御された空間と異なり様々な環境が複合して存在する。したがって、快適性を考慮した外部空間を設計する際には、熱環境・視環境等様々な環境（複合環境）が快適性に及ぼす影響を明らかにするとともに、異なる環境の影響を統一的に表現しうる指標を確立する必要がある。既往の研究では室内の複合環境と不快さの関係の検討¹⁾や外部空間の快適環境評価のための指標の検討²⁾が見られるが、外部空間の総合的な快適性を直接表現しうる指標はまだ確立されていないという現状にある。様々な条件下におかれる外部空間に汎用的に利用できる評価尺度を確立することは今後の都市づくりにとっても非常に重要であると考ええる。

現地調査では快適空間づくりにとってのポテンシャルが高いと考えられる河川空間と、その周辺市街地を対象として各種環境調査と被験者による官能試験を行った。

2. 現地調査の概要

本調査で対象とする快適性とは熱・音・光・臭気・力学等の感覚的刺激により引き起こされるもので、快楽などとは異なる。快適性を向上させるには、快適性を支配する環境要素と、それぞれの要素が快適性に与える影響の度合を明らかにする必要がある。図-1は複合環境に関連する物理量と人間の心理的生理的反応を表す感覚尺度との関係について整理したものである。快適性に関連すると考えられる環境として熱環境、音環境、視環境、大気環境がある。それぞれの環境の物理的要素は直接的な心理反応（暑い、うるさいなど）を促し、それらの心理反応が快適性の判断材料となるものと考えられる。本研究では図-1に示した因果関係

* 建設省土木研究所河川部都市河川研究室（〒305 茨城県つくば市大字旭1番地）

を検証するために環境要素の物理量を計測する環境調査と人間の反応について感覚尺度の段階評価を行う官能試験を行った。図中、太い枠で囲んだものは今回の環境調査と官能試験で対象とした項目である。

環境調査と官能試験は全国21河川（河川幅は約10m～700m）で夏季に行われた。環境調査では、河道から堤内地にかけて5～9の調査地点を設け、高さ1.5mにて気温、湿度、風速、黒球温度、騒音等を計測した。空間規模については河道から堤内地にかけての地盤高と各地点の天空率を測定した。熱環境に関連する要素の観測では各地点10分間計測した後、次の地点に移動し、同様の計測を繰り返した。温度と湿度のセンサーは日射を遮蔽するステンレス製強制通風管の中に装着した状態で計測した。黒球温度計は1つの機器で観測地点を移動させてしまうと測定値から前の地点の影響がなくなるまで長時間を要するため、それぞれの観測地点に予め設置しておき、地点毎に記録計との接続を変えながら測定した。器差は測定前後に同一条件のもとで確認し、器差が許容値よりも大きい場合はアスマン通風乾湿計等を用いて校正曲線を作成し観測データを補正した。観測結果の整理にあたり、温度、湿度、風速は10分平均値を用いた。騒音は計測時間内の平均値で表した。

環境調査を行った地点は河道内、堤内地、橋上の合計198地点で、河川の規模（河川幅）と地点種別に整理すると表-1のようになる。官能試験は環境調査を行った地点と同一とし、1地点あたり5名の被験者が立位あるいは座位の状態で図-2に示す6～7段階評価で用紙に記入した。官能試験と各種環境調査は厳密に同調して同時に行ったわけではなく、環境要素の値はある時間内の平均であるのに対して、官能試験結果はどちらかといえば瞬時的な判断によるものである。被験者数は136名で年齢は18歳から71歳までの間に分布し、男女共20代が最も多かった。

表-1 環境調査地点の内訳

地点種別	川幅B ≤100m	100<B ≤300	300m <B
堤内地	25	23	9
堤防上	22	23	10
堤防法尻	3	10	8
高水敷上	0	7	3
水際	9	12	7
流路内	5	4	1
橋上	6	7	1
堤防斜面	2	1	0

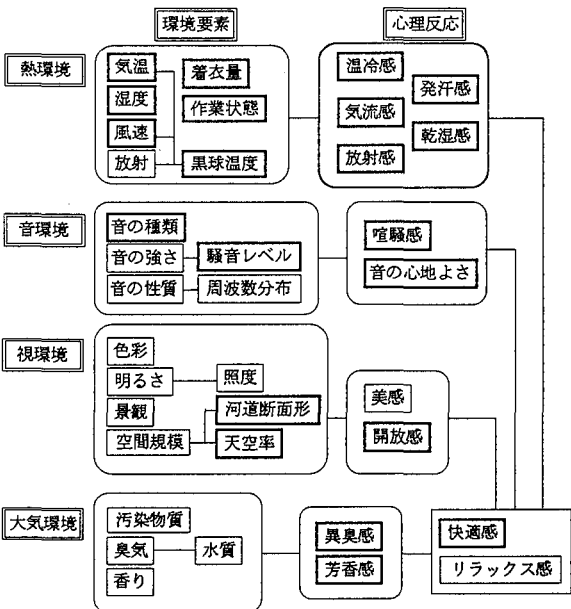


図-1 環境要素と人間の心理反応の関連

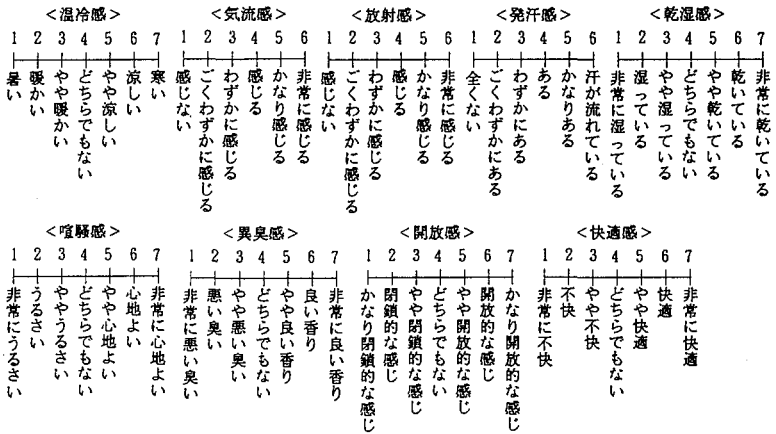


図-2 官能試験で用いた感覚量と選択肢

3. 快適感と他の感覚尺度との関係

表-2に官能試験の回答をもとに整理した9個の感覚尺度間の相関係数マトリックスを示す。快適感との相関が高いのは順に喧騒感、開放感、温冷感、発汗感であった。また、有意差検定を行ったところ、乾湿感は快適感との相関が無かった。また、温冷感から発汗感までの4項目間の相関を見ると、気流感と放射感・発汗感の相関が無く、発汗に対しては気温や日射の影響の方が大きいことが推測できる。性、年齢、着衣量、体格別に相関係数の違いを調べたが特定の傾向はみられなかった。回答結果のばらつきは主に個人の感覚の違い、経験、育った環境に影響されるところが大きいと推測される。

表-2 感覚尺度間の相関係数

	温冷	気流	放射	発汗	乾湿	喧騒	異臭	開放
温冷								
気流	.16							
放射	-.38	.04						
発汗	-.34	-.04	.54					
乾湿	.03	-.01	.08	.10				
喧騒	.01	.00	-.06	-.01	-.02			
異臭	.02	.04	-.04	-.06	.00	.34		
開放	-.08	.23	.05	.00	-.01	.34	.26	
快適	.32	.21	-.28	-.32	-.01	.48	.28	.42

4. 水辺の快適性の分析

河川が存在が熱環境、音環境、視環境、大気環境に及ぼす効果を見るため、心理反応を表す感覚尺度及び環境要素の物理量について堤内地との比較を行った。同じ河川空間内でも例えば水際と堤防上では各種環境の状態が異なることが予想される。また、河川の規模の違いも環境要素の空間的な違いをもたらす要因となると考えられる。

図-3、4は河川の水辺が快適感に及ぼす効果を調べるため地点の種類別および河川幅別に回答頻度分布を整理したものである。地点種類の快適感をみると、堤防・護岸上や高水敷・流路内では「快適」側の回答頻度が堤内地よりも高い。橋上での頻度分布は堤内地のものと類似しており、道路交通の影響が大きいと思われる。河川幅別にみると、河川の空間規模が大きくなるほど「快適」側の回答頻度が高くなる傾向が伺える。

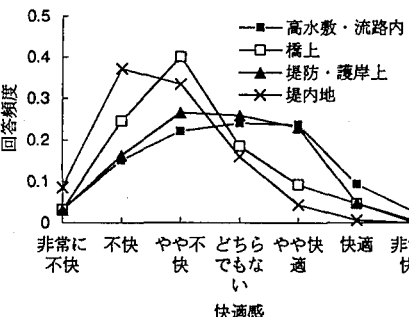


図-3 地点種類の快適感の回答頻度

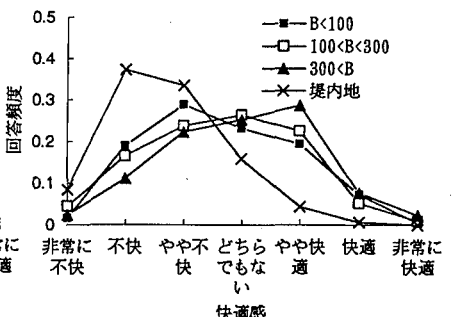


図-4 河川幅別の快適感の回答頻度

視環境については開放感を尺度として違いをみる。川幅別にみた図-5の堤内地と堤外地の回答頻度分布の違いは快適感のもの(図-3)と類似しており、河道内については開放感の高い回答が多く得られたことがわかる。

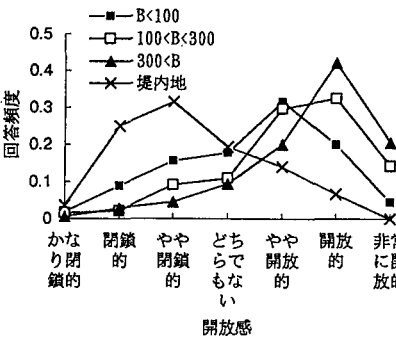


図-5 河川幅別の開放感の回答頻度

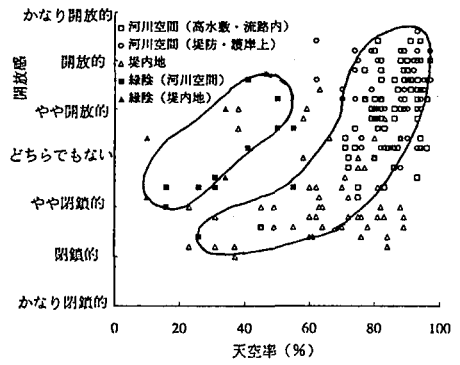


図-6 開放感と天空率の関係

川幅別にみると開放感のランクが河川空間規模と対応していることがわかる。物理指標として天空率を用い、

同一時間、同一地点での5名の回答を平均した開放感の平均データとの関係を表したものが図-6である。図中、緑陰とは護岸付近や堤内地の公園などで樹木に覆われた地点を示している。緑陰とそれ以外では明らかに天空率と開放感の関係が異なる。これは、樹木の存在により眼前の天空率は減少するものの遮蔽感が少ないため、建築物があるときよりも閉鎖的と感じる程度が小さくなる心理的效果があるものと考えられる。天空率が7～9割の範囲でみると、同一の天空率に対して河川空間の方が堤内地に比べて開放感が高くなっており、騒音のような他の環境要素の影響を受けた可能性もある。

熱環境を表す尺度として温冷感についてみると、堤内地と橋上では「暑い」で4割近い回答頻度の違いが表れている(図-7)。また、発汗感、気流感でも同様に堤内地と橋上の回答頻度分布の違いがみられる(図-8)。乾湿感については若干橋上で湿っているという回答頻度が高いものの大きな違いはなかった。堤内地と堤外地の違いの原因を調べるため、気温、黒球温度の生起頻度分布をみると、堤内地とそれ以外の地点で大きな違いはない(図-9、10)。風速については、堤内地で

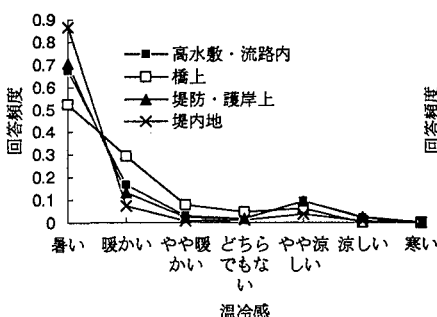


図-7 地点種別の温冷感の回答頻度

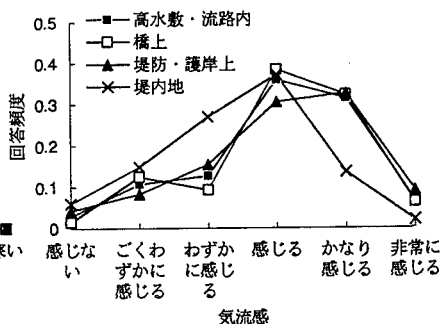


図-8 地点種別の気流感の回答頻度

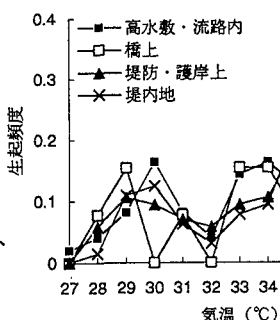


図-9 地点種別の気温の生起頻度

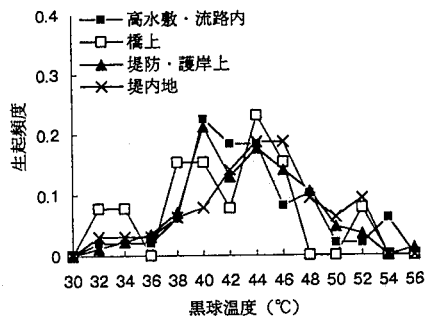


図-10 地点種別の黒球温度の生起頻度

1.0～1.5m/sの風の生起頻度が最も高いのに対して橋上で3.0～3.5mの強い風が吹いており(図-11)、少なくとも風速の違いが気流感の回答結果の違いに大きく影響したのではないかと推定されるが、発汗感が図-8と類似の傾向を示したことについては原因不明である。

音環境は道路交通量や商業地・住宅地といった土地利用の状況により変わってくるため、地点種別の解析

だけでは十分ではないが、河川周辺の土地利用状況の影響が堤外地に及びにくいと思われる川幅100m以上の場合については図-12のように堤外地での騒音レベルが橋上や堤内地に比べて低いことがわかる。

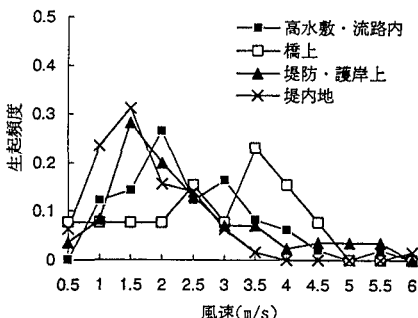


図-11 地点種別の風速の生起頻度

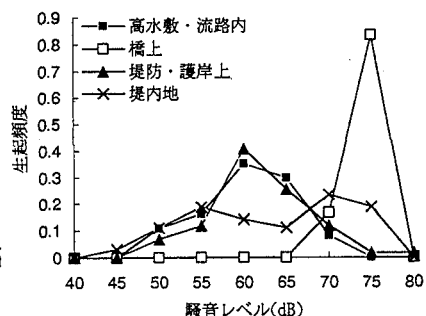


図-12 地点種別の騒音レベル(A)の生起頻度

5. 感覚尺度を用いた快適感指標

筆者ら³⁾は感覚尺度の選択肢番号を用いて各尺度の数値化を行い、重回帰分析により表-2で相関の高かった温冷感、発汗感、喧騒感、開放感と快適感の関係を表す回帰式（相関係数0.8）を平均データを用いて求め、各種環境条件に対する感覚尺度が線形的に快適感に寄与していることを明らかにした。また、熱環境が快適感に与える影響は酷暑環境で顕著になることや音環境についても騒音のしきい値が存在し、そのしきい値以下（あるいは以上）では快適感にあまり影響を及ぼさないことが示唆されている³⁾。

感覚尺度はあくまでも言語表現による離散的なものであり、重回帰分析よりは数量化理論を用いる方が妥当であることから、本論文では数量化2類を用いて解析した快適感と他の感覚尺度の関連について説明する。

相関が無いと判断された乾湿感を除く7つの感覚尺度と地点種別、回答者の性別、年代（10代から70代までの7分類）を要因アイテムとして数量化を行った。数量化の基本となった回答データ数を表-3に示す。なお、感覚尺度のカテゴリーは選択肢番号に対応し、地点種別のカテゴリー1～4はそれぞれ順に高水敷・流路内、堤防・護岸上、橋上、堤内地に、年代のカテゴリー1～7は順に10代から70代に対応している。また、性別はカテゴリー1を男性、2を女性とした。地点種別の影響はすでに各感覚量の回答に反映されているが、今回対象としなかった環境要因（景観など）についての情報がない分を補う意図でアイテムとして付加したものである。

1軸と2軸の判別得点をプロットしたものが図-13で、「やや快適」と「やや不快」のデータは他のカテゴリーとの重なりが大きく図がみづらくなるため除いてある。相関比の平方根(η)は1軸で0.73という比較的大きな値が得られ、2軸では $\eta=0.52$ であった。図-13より1軸の判別得点だけでほぼ快適感のカテゴリー分類が可能であることが読みとれる。図-14は1軸の得点別の回答頻度分布を表しており、不快と快適の誤判別率は約6%であった。また、堤外地での回答の割合を点線で示した。

個人差の影響が大きく、今回の調査で得られた情報のみでは7カテゴリーをうまく判別することはできなかったが、個人差は常に存在するものであり、現実には周辺住民等の利用者全てが満足できる空間づくりは難しいものと考えられる。したがって、いくら以上の満足度の得られる設計をするのかという目標を定め、その目標に対して満足度をいかに高めるかを設計段階で検討することになる。

図-15は図-14の結果を用いて作成した判別得点範囲毎に快適と回答した人の割合を表すものである。少なくとも80%の人が快適と感じられるようにするには判別得点が-1.5程度以下になるようにすればよく、また、判別得点が-1程度以下であれば少

表-3 アイテム・カテゴリー別の回答数

カテゴリー	温冷	気流	放射	発汗	喧騒	異臭	開放	年代	性別	地点種別
1	772	45	63	39	76	6	21	53	629	245
2	139	116	56	161	256	68	112	432	422	422
3	24	188	127	206	353	287	173	209	—	65
4	19	360	304	355	213	637	155	199	—	319
5	79	278	335	204	105	48	249	91	—	—
6	18	64	166	86	45	4	247	58	—	—
7	—	—	—	—	3	1	94	9	—	—

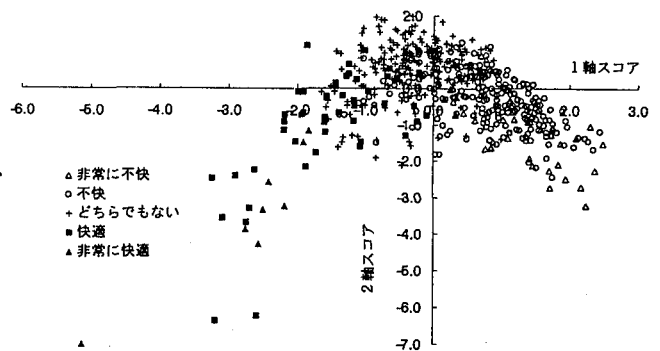


図-13 快適感カテゴリー別の判別得点分布

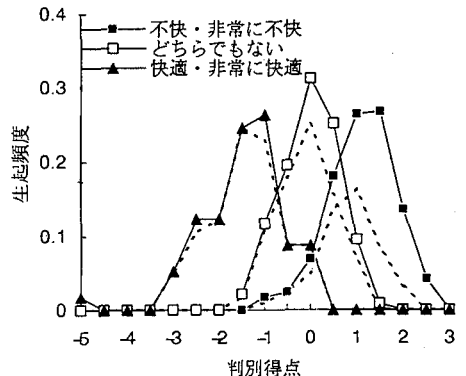


図-14 快適感3分類の頻度分布

なくとも80%の人が不快ではない空間をつくることができる。

次に、基準化したカテゴリースコアを図-16に示す。なお、温冷感、喧騒感、異臭感、年代のカテゴリー7はデータ数が不足しているが、これを含めた場合と除いた場合でそれ以外のカテゴリースコアに与える影響はほとんどなかった。これらの結果から各感覚尺度と属性等が快適感へ与える影響の度合いをより細かくみると、放射感や発汗感ではカテゴリー1～3ではカテゴリースコアがほぼ同じ負の値であることから、日射をわずかに感じる程度や発汗がわずかにある程度までは快適感を高める方向に作用することがわかる。また、喧騒感と気流感はカテゴリー番号とカテゴリースコアがほぼ線形の関係にあることがわかる。開放感についてはその度合い（カテゴリー番号5～7）はあまり大きく快適感に影響しないといえる。地点種別の影響は、今回対象とした感覚尺度に反映される以外にも、高水敷・流路内にいること自体が快適感にわずかにであるが影響していることが読みとれる。年代の影響は10代及び60代とその中間の年代で異なるが、この傾向が一般的なものであるのかどうかやこのような傾向となった理由については不明である。

また、表-4は判別得点に対する影響度の大きさをみるため算定したレンジ

（Range）を示している。なお、感覚尺度と年代のカテゴリースコアはカテゴリー1から6までの値を用いる。最も影響の大きいアイテムは喧騒感で、次いで温冷感、発汗感、年代、開放感の順になっており、性別の影響は小さい。

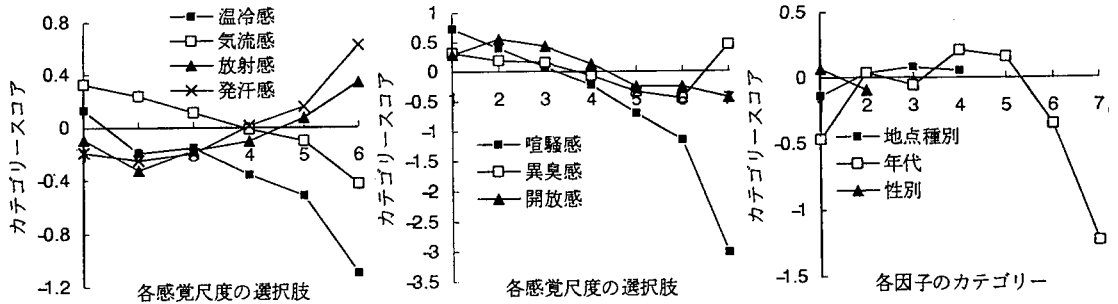


図-16 アイテム別の基準化カテゴリースコア

6. 結論

河川空間と周辺市街地における複合環境の違いを感覚尺度と物理量の両面から整理したところ、河川空間の方がより快適であることや視環境、熱環境、音環境でも河川空間が優れていることが実証された。さらに、数量化2類を用いた解析により快適性のランクを判別するためのカテゴリースコアを算出した。これにより線形の重回帰分析よりもさらに快適性の構造が明らかになったと言える。また、いくつかの感覚尺度と快適感との対応関係を数量化する方法は、直接物理量と快適感との関係を調べるよりも人間の生理的な反応を反映した解析が可能となることから、快適性の要因分析に効果的である。

- 1)堀江ら:室内における異種環境要因がもたらす不快さの加算的表現, 日本建築学会計画系論文報告集 No. 387. 1988.
- 2)原科、東林:快適環境評価のための客観データ指標の改善、環境情報科学18-4. 1989.
- 3)栗城、木内、小林:河川環境調査と被験者実験による河川空間の快適性評価、第2回河道の水理と河川環境シンポジウム、1995.

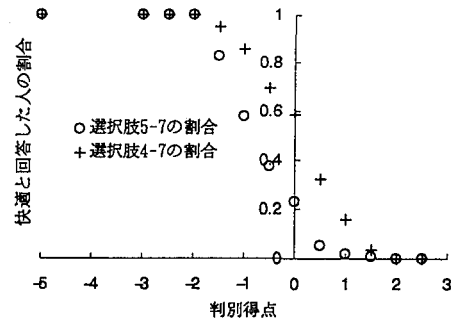


図-15 快適と回答した人の割合

表-4 各アイテムの影響度

アイテム	Range	アイテム	Range
地点種別	0.21	喧騒感	1.88
温冷感	1.23	異臭感	0.77
気流感	0.76	開放感	0.80
放射感	0.66	年代	0.82
発汗感	0.87	性別	0.16