

空間認識を利用した歩行空間の設計技術に関する研究

【要旨】

観光振興や地域活性化の一環として、地方公共団体等においては、歩行空間の環境改善整備が行われている。しかしながら、既存の整備では、実際の賑わいの創出にうまく繋がっていない例もみられ、歩行者の回遊性や滞留性、快適性向上といった目的に、整備内容が適合していないことが一因にある可能性がある。

本研究は、利用者の空間認識や歩行行動にもとづいた、歩行空間の魅力創出につながる設計技術の提案を目的とするものである。平成23年度は、「心拍数にもとづくストレス計測値」、「アイトラッカーによる注視行動特性」および「SD法による印象評価」に関する実験を行い、これらの結果より、歩行者の歩行空間に対する印象や評価の傾向、およびその把握・調査手法について研究を行った。

キーワード：歩行空間、構成要素、空間認識、印象評価、SD法、アイトラッキング

1. はじめに

1.1 研究の背景

「観光立国の推進」や「地域活性化」は、政府の新成長戦略に位置づけられており、特に観光について北海道はその期待を担っている。一方、地域では、観光促進や中心市街地活性化などが課題とされ、市街地の回遊性の向上や、賑わいの創出が求められている。そのような中、公共空間の魅力向上を目指して、街路空間や駅前広場の歩行空間を中心とした歩行環境改善の整備が行われている。

しかしながら、既存の整備では、実際の賑わいの創出にうまく繋がっていない例もみられる。そのような例では、歩行者の回遊性や滞留性、快適性向上といった目的に、整備内容が適合していないことが一因にある可能性がある。

歩行空間に対する歩行者の空間認識や実際の歩行行動などを明らかにし、利用者からの評価との関係性を基にした設計技術を確立することで、適切な歩行環境改善を誘導し、市街地の回遊性の向上や賑わいの創出に寄与できると考えられる。

1.2 研究の目的

本研究の目的は、歩行空間の魅力向上や賑わい創出に資するため、歩行者の空間認識や実際の歩行行動の分析、あるいは利用者評価にもとづいて、歩行

空間の評価手法および設計技術を確立することである。このために以下のような研究に取り組む計画としている。

- ①歩行空間の魅力向上のための、設計上の課題の体系化を行う。
- ②歩行空間の空間構成や構成要素と、歩行空間の利用者評価との関係性の解明を行う。
- ③これらの関係性を基に、利用者評価を反映する歩行空間の評価手法の提案を行う。
- ④得られた歩行空間の評価手法を基に、地域の魅力向上に資する効果的な歩行空間の設計技術の提案を行う。

平成23年度はこれらのうちの、①と②の部分に関する基礎的な知見を得ることを目標に、歩行空間の利用者評価の傾向や、あるいはその利用者評価を得るための調査方法について研究を行った。

2. 平成23年度研究の概要

札幌市都心部の地上と地下、計8ルートの歩行空間を対象として各種の被験者実験を行い、歩行者の歩行空間に対する印象や評価の傾向、およびその把握・調査手法について研究を行った。

歩行空間に対する「歩行者の印象・評価」を把握するための指標としては、①心拍数にもとづくスト

表-1 実験の実施概要

実験	計測方法	実験場所	実施日	被験者数
① ストレス計測実験	携帯型自動血圧心拍計	実歩行空間	H23.7.19 - 29	4名
② SD印象評価実験	アンケート調査	室内実験室	H23.12.6 - 7	24名
③ 注視行動特性調査実験	アイトラッカー			
歩行環境調査・室内実験用写真撮影			H23.7.19 - 29	



図-1 実験実施箇所

レス評価値、②SD 法による印象評価、③アイトラッカーによる注視行動特性、の3つを候補とした。それぞれについて、被験者実験により計測を行い、結果を解析することで、歩行者の歩行空間に対する印象や評価の傾向などについて検討を行った。

平成23年度に実施した被験者実験は、表-1のとおりである。また、実験の対象とした歩行空間の一覧と位置図を図-1に示す。

2.1 心拍数を用いたストレス計測実験

歩行空間の快適性を評価するため、携帯型自動血圧心拍計を用いて計測した心拍変動データについて解析を行い、歩行者の精神的ストレスの定量的評価

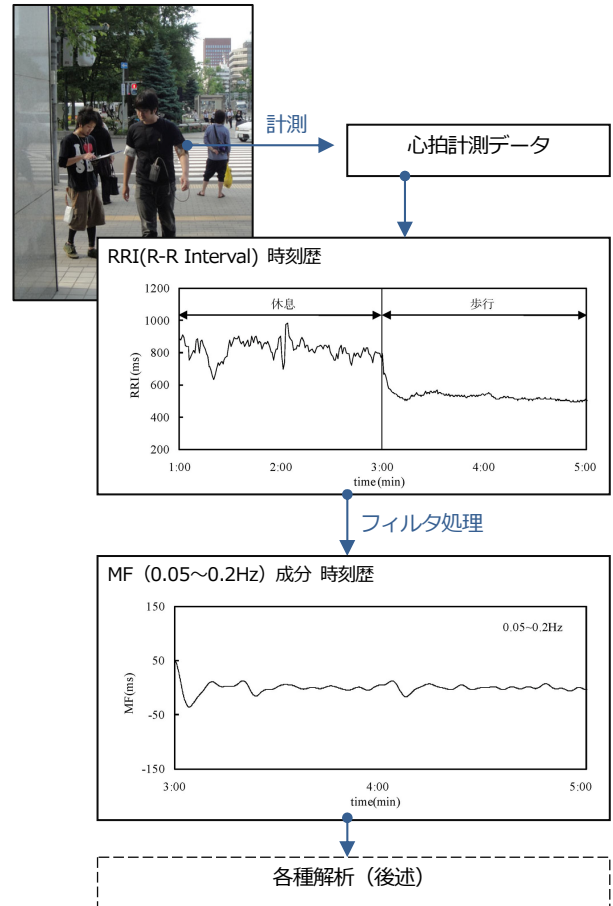


図-2 ストレス計測実験の概要

を行った。

実験では、4人の被験者に携帯型自動血圧心拍計を装着し、対象8ルートを歩行中の心拍変動をRRI値(R-R Interval:心拍間隔:単位ミリ秒)により記録した。このRRI値の時間変動を解析することで、被験者の精神的ストレスの状況の評価を行った。

実験概要を図-2に示す。なお、本実験については、北海道工業大学の石田眞二准教授らとの共同研究により行った。

2.2 SD法による印象評価実験

歩行者による歩行空間の評価のされ方を把握するため、実験室にて、対象8ルートの歩行空間のライド写真を被験者に提示し、その印象についてSD印象評価法にもとづくアンケート調査を行った(図-3)。

提示するライド写真は、実際の歩行空間の写真(8ルートにつき各1枚、計8枚)のほか、フォトモンタージュにより路面の素材や植栽の数量などを変更した写真(各3枚、計24枚)を加え、計32枚



図-3 SD法による印象評価実験の概要

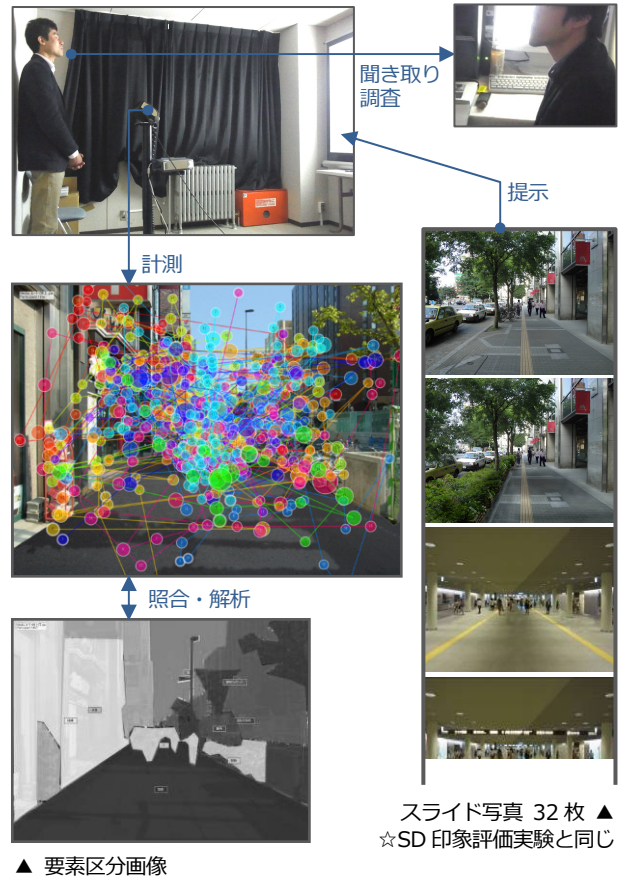


図-5 注視行動特性調査実験の概要



図-4 フォトモンタージュ写真の作成例

により実施した(図-4)。フォトモンタージュについては、路面の素材や植栽の数量などの歩行空間の構成要素の差異が、歩行空間の印象や評価にどのような影響を与えているかを把握することを目的として作成した。

調査結果について統計解析を行い、印象評価の傾向について把握を行った。

2.3 注視行動特性の調査実験

歩行空間における歩行者の注視行動特性を把握するため、実験室にて、被験者に、2.2のSD印象評価実験に用いたものと同じ歩行空間のスライド写真を提示し、アイトラッカーを用いて被験者の注視行動特性を調査した(図-5)。

本実験は、各被験者について、2.2のSD印象評価実験に引き続いて実施した。用いたスライド写真は、SD印象評価実験で用いた32枚と同一である。

アイトラッカーによる調査については、視線の動きは計測できるものの、「見る/視た目的」は判別できない。そこで、これを補完するための口頭によるアンケート調査を並行して行い、歩行空間の印象や注視した箇所について聞き取りを行った。

3. 実験結果と考察

3.1 ストレス計測にかかる実験結果

RRIの変動から得られる0.05~0.2Hzの中間周波数成分(MF成分)は、精神的ストレスに感度の高い成分であると報告されている¹⁾。高速フーリエ変換を用いたフィルタ処理によって抽出した、RRIの

MF 成分について以降の解析を行った。

RRI 時刻歴に関するローレンツプロット図(図-6)から算出される LP 面積値と M 値は、ともに被験者の受けているストレスの状況に関する指標とされ

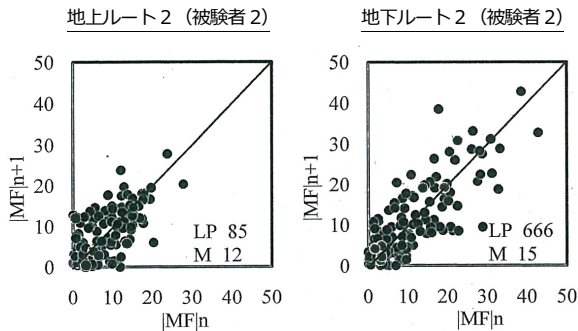


図-6 ローレンツプロット図の作成例

表-2 被験者毎の LP 面積値

小 ← ストレス特性の変動 → 大

被験者	地上2	地上4	地上3	地下3	地下4	地下2	地上1	地下1
被験者A	48	55	60	94	164	270	373	492
被験者B	85	106	112	120	215	222	545	666
被験者C	89	134	174	194	213	456	484	746
被験者D	16	35	38	86	111	163	582	1821

凡例: 地上ルート 地下ルート (単位: ms^2)

表-3 被験者毎の M 値

弱 ← ストレス強度 → 強

被験者	地下2	地下1	地上3	地上1	地上4	地下4	地上2	地下3
被験者A	12	12	11	11	10	10	7	6
被験者B	15	14	14	13	12	10	9	6
被験者C	17	15	15	13	12	9	9	5
被験者D	20	18	14	7	6	6	4	4

凡例: 地上ルート 地下ルート (単位: ms)

表-4 LP 面積値と M 値の順位点総和

		LP面積値		M値	
		ストレスの変動が大きい		ストレスの強度が強い	
		被験者ごとの順位点の総和	順位	被験者ごとの順位点の総和	順位
地上	ルート1	21	3	16	5
	ルート2	15	6	20	3
	ルート3	12	7	23	2
	ルート4	9	8	16	5
地下	ルート1	22	2	15	7
	ルート2	25	1	26	1
	ルート3	19	5	17	4
	ルート4	21	3	11	8

ている²⁾³⁾。

LP 面積値(プロット点の広がり)の範囲はストレスの変動を示し、LP 面積値が小さいほど、ストレスの変動が少なく、大きい場合は逆に、被るストレスが不安定に変動していることを示す。M 値(プロット点の広がり)の中心は、ストレスの強弱の程度を表し、M 値が小さくなると強いストレスを受けていることを示す。

算出した LP 面積値および M 値を被験者ごとに昇順/降順で表示したのが表-2 および表-3 であり、それぞれについて被験者ごとの順位点の総和を取ったものが表-4 である。

これらの結果からは、ルートごとにストレスの性状に差異があることは認められたものの、この差異に対する要因との関係を正確に把握することは困難であった。この原因としては、歩行空間の印象に影響を与える可能性があると思込まれる歩行空間の構成要素や環境要素が 20 以上あるのに対し、ストレス計測の対象が 8 ルートと不足しているためである。

今後は、構成要素が少ない歩行空間を対象としつつ、計測ルートを増やすことで、歩行空間の構成要素とそれらが歩行者に及ぼす影響との関係性を把握していきたい。

3.2 SD 印象評価にかかる実験結果

次に、SD 印象評価にかかる実験結果について述べる。

8 ルートの元写真 8 枚について、それぞれ各評価項目に対する評価値の平均を示したのが図-7 である。地下ではルート 3 を除き、全体的な印象評価の傾向(「まとまりのある」が高く、「自然的な」が低い、など)が似ているが、地上ルートでは互いに類似するような傾向はみられない。

「好き-嫌い」の評価項目でみると、評価が高いのが地上ルートの 4、低いのが地下ルートの 1、3 であった。

3.2.1 歩行空間の評価に対する傾向

得られたデータを、大きく地上ルートと地下ルートに 2 区分して解析を行い、歩行空間の印象評価の傾向と構造について把握を行った。

まず、「好きな」の評価と関係の強い評価項目を抽出するため、「好きな」の評価値とその他の各評価項目の評価値との相関係数をルートごとに算出した。結果が表-5 である。主に「開放的な」との相関が強いことが読み取れる。

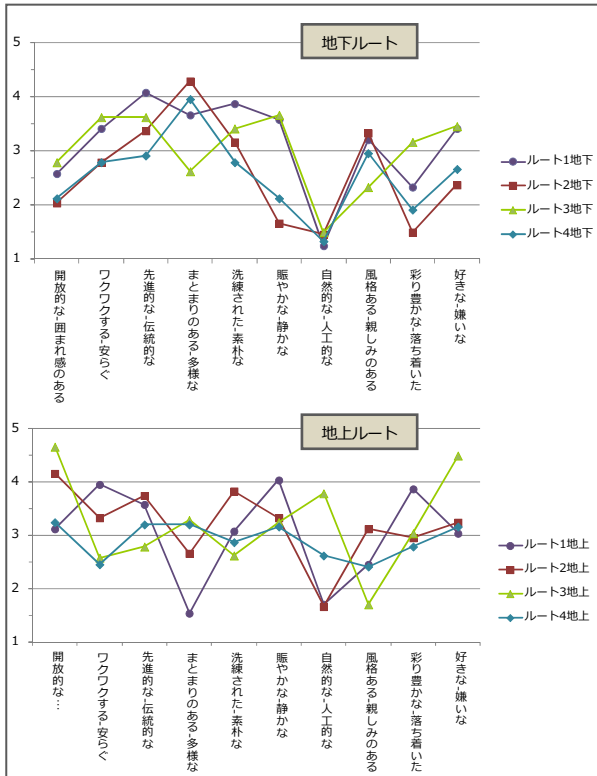


図-7 印象評価値の平均値(8ルート元写真8枚)

次に、10 評価項目について、因子分析を行ったところ、3 つの因子を抽出できた(表-6)。地下と地上で因子の構成は似通っている。表-6には示さなかったが、地下・地上を合計した全体の因子分析からは、「まとまりのある」「落ち着いた」「静かな」の評価に強く影響する第1因子と、「素朴な」「伝統的な」の評価に影響する第2因子、「開放的な」「好きな」「自然的な」の評価に影響する第3因子を得た。

利用者の歩行空間に対する印象は、これら3つの因子で代表して評価できる可能性がある。ここでは仮に、これら3つの因子をそれぞれ「静-動」「レトロ-モダン」「のびのび-窮屈」と名付けた。「好きな」の評価に寄与が大きいのは第3因子「のびのび-窮屈」である。

3.2.2 フォトモンタージュによる評価の変化

写真ごとに解析を行い、フォトモンタージュによる印象評価の変化の傾向について、把握を試みた。

フォトモンタージュによる改変要素は、地上ルートにおいては「看板・広告」「路面」「植栽」、地下ルートでは「サイン・広告」「床面」「天井面」である。改変がもたらす印象評価の変化について、ルート毎に整理した。地上ルート3と地上ルート4の例を図-8、図-9に示す。

地上ルート3では、路面を石材ブロック舗装から

表-5 「好きな」との相関係数(8ルート32枚)

		「好きな・嫌いな」との相関係数								
		開放的な 囲まれ感 のある	ワクワク する 安らぐ	先進的な 伝統的な	まとまり のある 多様な	洗練された 素朴な	賑やかな 静かな	自然的な 人工的な	風格ある 親しみの ある	彩り豊かな 落ち着いた
地下	ルート1	0.368	0.075	0.353	0.106	0.350	0.005	0.122	0.074	-0.083
	ルート2	0.368	0.032	0.257	-0.174	0.104	0.064	0.091	-0.078	-0.213
	ルート3	0.347	-0.153	-0.448	0.090	-0.267	0.288	0.137	-0.102	-0.113
	ルート4	0.291	0.468	0.240	-0.226	0.277	0.194	0.373	-0.244	0.387
	全体	0.399	0.245	0.239	-0.201	0.222	0.325	0.114	-0.147	0.178
地上	ルート1	0.600	0.197	-0.095	0.319	0.080	-0.132	0.147	0.051	-0.121
	ルート2	0.346	0.241	0.294	-0.272	0.479	0.251	0.115	-0.071	0.271
	ルート3	0.612	0.102	0.086	0.204	0.089	0.176	0.088	-0.267	0.436
	ルート4	0.173	-0.223	0.125	-0.031	0.242	0.176	0.430	0.014	-0.082
	全体	0.518	-0.048	-0.072	0.151	0.026	0.033	0.399	-0.219	0.039

有意水準>0.05 有意水準>0.01

表-6 因子分析による因子負荷量(8ルート32枚)

	地下ルート全体			地上ルート全体		
	第1因子	第2因子	第3因子	第1因子	第2因子	第3因子
開放的な	-0.189	-0.020	0.546	0.118	-0.418	0.041
ワクワクする	-0.382	-0.402	0.058	0.445	0.106	-0.179
先進的な	-0.055	-0.689	-0.131	0.217	0.167	-0.536
まとまりのある	0.763	0.108	-0.125	-0.662	-0.071	-0.077
洗練された	-0.002	-0.788	0.132	0.038	-0.018	-0.894
賑やかな	-0.618	-0.361	0.299	0.725	0.000	-0.142
自然的な	-0.011	0.131	0.406	-0.335	-0.628	0.269
風格ある	0.394	-0.167	-0.029	-0.115	0.320	-0.252
彩り豊かな	-0.744	-0.138	0.132	0.712	-0.245	-0.032
好きな	-0.105	-0.220	0.525	-0.117	-0.725	-0.064
因子負荷量の二乗和	1.867	1.513	0.900	1.870	1.301	1.287

黒アスファルト舗装に変更することで、「好きな」の印象が低下し、第1および第3因子による印象が負の方向(「動」および「窮屈」の方向)に傾いた。

一方で、画面中央付近の植栽量を増やすと、「好きな」の印象が低下し、第1因子による印象が正の方向(「静」の方向)に傾いた。これについては、緑量の増加よりも、空間のアクセントとなっているテレビ塔が覆い隠され、かつ空への見晴らしが阻害されたことが大きく影響した可能性がある。

地上ルート4では、路面をコンクリートブロック舗装から黒アスファルト舗装に変更することで、第1因子による印象が正の方向(「静」の方向)に傾き、「好きな」の印象が増加した。また、低木による連続植栽帯を設けて緑量を増加させると、「嫌いな」の印象が増加した。

これらの理由については更なる検証が必要になるが、舗装材料や植栽に対するこれまで一般的な理解とは異なる傾向であり、景観に関する識者の、「景観設計はケースバイケース」「適材適所である」との言及³⁾に合致するものとなった。24年度以降、これらについても検証を行っていきたい。

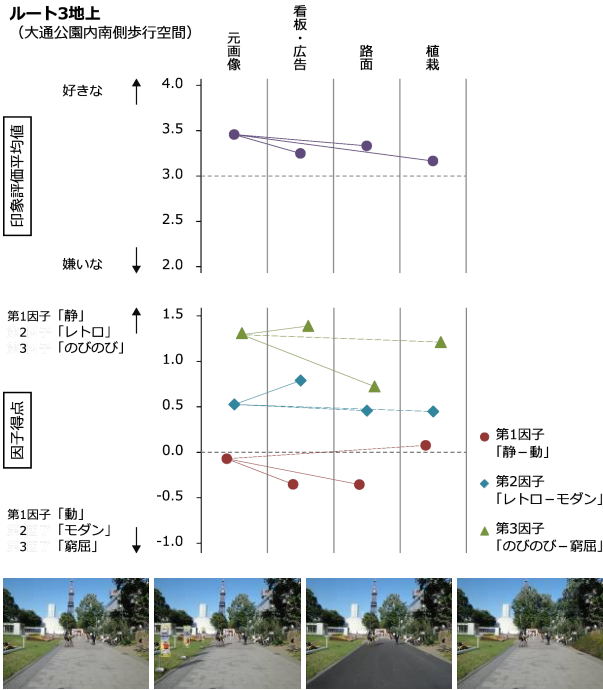


図-8 構成要素の改変による印象評価の変化 (ルート3地上)

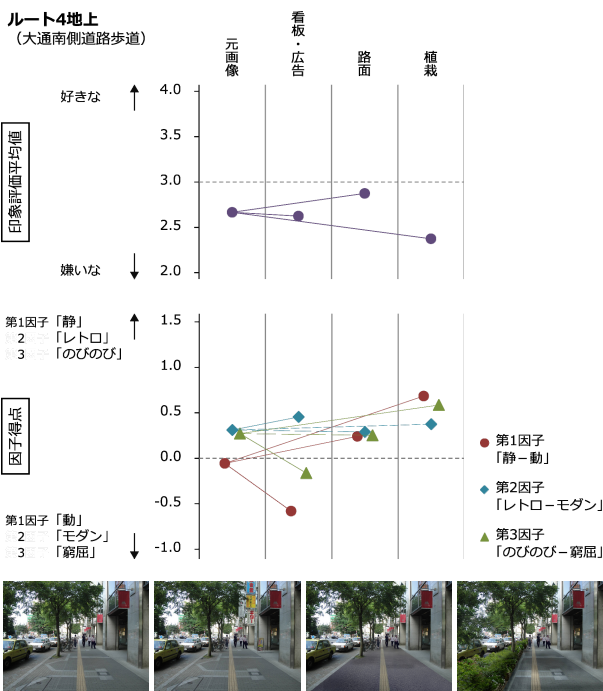


図-9 構成要素の改変による印象評価の変化 (ルート4地上)

3.3 アイトラッカーにかかる実験結果

アイトラッカーからの注視行動の計測データとしては、TIME to First Fixation (要素を見るまでにかかった時間: 単位: 秒)、Total Fixation DURATION (要素を見ていた時間の合計: 単位: 秒)、Visit COUNT

(要素を見た回数: 単位: 回) の3種のデータを得た。これら3種の注視特性データについて、①フォトモンタージュによる改変に伴う注視行動の変化、②注視行動に関する口頭質問回答との対応関係、を中心に分析を行った。

①の注視行動の変化に関する分析結果として、路面・床面の改変に対する、注視特性データの変化を図-10に示す。サインや植栽の改変については、画像上の構成要素の面積比率に変化を伴っているなどから、有意な計測結果と考えるににくい。ため示していない。

図-10によると、Time to First Fixationは、地上ルート3を除き、改変後減少しており、Total Fixation Durationはすべて改変後増加している。口頭申告からは、類似する写真の「間違い探し」「比較対象」といった注視行動をとってしまったと申告する被験者が多数であったが、それを裏付ける結果になったといえる。

図-11は、前述の②に対応して、アイトラッカーの計測データから得られた、空間の構成要素ごとの「注視時間」(画像提示時間に対する百分率)と、並行して実施した聞き取り調査における、被験者の注

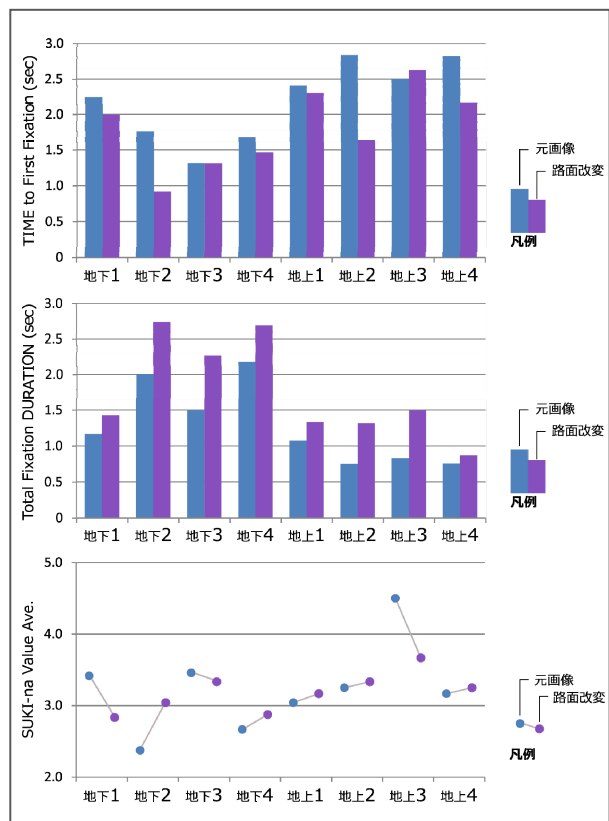


図-10 構成要素の改変による注視行動特性の変化

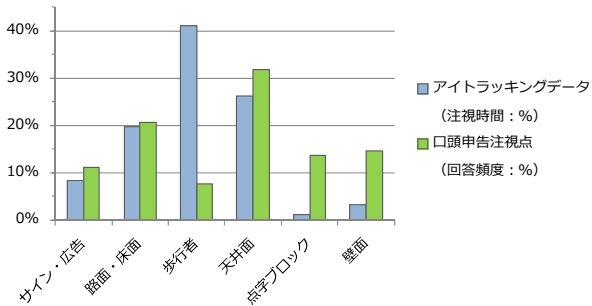


図-11 アイトラッカーと口頭申告による注視割合の比較 (地下ルート1:4枚)

視したとする対象の「口頭申告」の回数百分率を比較したものである。

口頭申告された要素は、印象に残った要素であると解釈すれば、印象に残った要素とアイトラッカーによる注視時間には相当のズレのある場合もあることがわかった。

3.3.1 アイトラッカーによる計測を活用した、空間評価の可能性についての考察

アイトラッカーから計測される注視行動特性は、画像内の構成要素の、誘目性を端的に現わしていると考えられる。

3.3のアイトラッカーを用いた注視行動特性実験の結果からは、今回のフォトモンタージュのように類似の比較写真を提示した場合に、被験者が「間違い探し」「比較対照」といった注視行動を取ってしまい、類似画像の差異点に注視が集中してしまうことが確認された。

これは、アイトラッカーを用いた注視時間・注視回数等による空間評価に、好ましくないバイアスをもたらす。

これについては、同一被験者に類似画像を提示せず、被験者数を増やすことで解決をはかる方法も考えられる。ただしこの場合でも、提示する比較写真における差異要素が、今回の実験におけるサイン・広告の数量などのように、画面上の面積に差異を持つものである場合には、やはり注視時間等を判断指標として使うことは適当でないと考えられる。

したがって、アイトラッカーの空間評価への適用条件は、「同一の被験者に類似の比較画像を提示しないこと」、「注視行動を計測したい要素の大きさ(画面上の面積)に比較画像間で大差がないこと」となる。

これらの条件と注視の理由が判別できないというアイトラッカーの特性を考慮すると、他の研究で行

っているような、設置構造物などによる景観阻害の有無や程度の評価、あるいはサイン看板類の景観調和と視認性・誘目性の確保の調整などに、アイトラッカーによる計測に特に有効であることがわかる。

本研究の範囲では、良い印象の歩行空間とその他の歩行空間における注視行動の差異から、それらの印象をもたらしている要因の把握、空間認識構造の把握に活用していくことが有効である。

4. まとめ

4.1 実験成果

平成23年度におこなった実験と、その成果をまとめると以下のとおりになる。

- ・「SD 印象評価実験」における地上ルートと地下ルートで区分した解析からは、地上/地下関わらず、歩行空間における利用者の「好き」という評価は、「開放的」とする評価との相関が高いことがわかった(3.2.1)。「開放感」は、歩行空間の設計において配慮すべきキーワードのひとつとなる可能性がある。
- ・フォトモンタージュによって歩行空間の構成要素を変更して比較を行った「SD 印象評価実験」からは、舗装材料や植栽について、これまで一般的な理解とは異なる利用者評価のある可能性がわかった(3.2.2)。
- ・実際の歩行空間を利用した「ストレス計測実験」からは、地上/地下などの歩行空間の構成の違いによって、歩行者のストレスの受け方に違いのあることなどがわかった。(3.1)
- ・アイトラッカーによる計測を活用した空間評価の可能性について考察を行い(3.4)、空間評価への適用条件を整理した。

4.2 実験結果から得られた課題

本研究の目的からは、パラメーターとして、歩行空間の構成要素(例えば、舗装の素材やベンチの有無など)を変えて比較実験を行う必要がある。しかし、今回の「ストレス計測実験」のような実歩行空間での実験では、空間構成要素が多数にのぼるため、これが難しい。

一方で、フォトモンタージュやCGと、プロジェクター・スクリーンを用いて実験室実験を行う場合には、上記のような問題は発生しないかわりに、実際の歩行空間の印象を十分に再現できるかが課題となる。フォトモンタージュやCGの精度を高めると

ともに、実際の歩行空間の印象を十分に再現できるような写真等の提示方法を検討する必要がある。

アイトラッカーを用いた「注視行動特性実験」からは、一般的に言われるように、注視の目的(良いから気になるのか、悪いから気になるのか)を判別できないことや、注視のほかの周辺視の状況を把握できない点などに留意が必要とわかった。

上記のうちの前者については、今年度の実験でおこなったような印象の聞き取り調査との組み合わせのほか、実験を「見ているー見ていない」の判別程度に単純化して実施するなどが考えられる。後者については、面積の大きな視対象の中心付近に他の視対象を置かない、写真の構図や写真の領域区分を単純化する、などの工夫が考えられる。

4.3 今後の研究方針

2年目の平成24年度については、①歩行空間の魅力に関する設計上の課題の体系化、を行うほか、②空間認識と歩行行動に基づく歩行空間の構成要素と魅力に与える影響の関係性の解明、を行う計画としている。

具体的にはまず、空間構成要素の種類が少ない自

然景観等の単純な風景構図のもとで、歩行空間の構成要素と空間の利用者評価との関係の把握を行う。

構成要素のバリエーションによる比較実験においては、フォトモンタージュあるいはCGの採用が主体になると考えられるが、4.2で述べた、実空間の印象の再現性に関する課題を踏まえて、写真等の提示方法に適切な改善を施すこととする。

参考文献

- 1) 林博史:「心拍変動の臨床応用」、医学書院、p.15、1999年
- 2) 豊福史ほか:「心電図RR間隔のローレンツプロットによる自律神経活動の簡易推定法の開発」、第21回生体・生理工学シンポジウム論文集、pp.431~434、2006年
- 3) 坪井宏祐ほか:「ローレンツプロットの定量的評価による睡眠推移の推定」、ヒューマンインターフェイス学会論文誌、Vol.13、No.2 pp.127~134、2011年

A STUDY ON ANALYSIS-BASED DESIGN METHOD OF PEDESTRIAN SPACES

Budged : Grants for operating expenses

-- General account

Research Period : FY2011 - 2014

Research Team : Scenic Landscape Research Unit

Author : OTA Hiroshi,

MATSUDA Yasuaki,

TAKADA Naoto,

KASAMA Satoshi

Abstract : This study is for the proposal of design method of pedestrian spaces, based on the spatial recognition or evaluation of the spaces by the pedestrians. This is needed, to help people design their pedestrian spaces in a suitable manner to make the spaces really attractive and comfortable for the visitors. In FY 2011, for this goal, we made three elemental examinations to test the indexing method of impressions of the pedestrians : stress evaluation using heart rate monitor, gazing point measurement using eye-tracker, impression measurement based on enquete and semantic differential method analysis. As a result, we got some correlations between the characteristics of pedestrian spaces and these indexes.

Key words : pedestrian spaces, spatial recognition, impression analysis, semantic differential method, eye-tracker