

都市空間の物的要因が感性分析の評価傾向に与える影響

—脳波解析手法を用いた建築外部空間の情緒的意味のノーテーション その2—

THE INFLUENCE OF THE URBAN SPACE ELEMENTS UPON THE ESTIMATION
OF SENSITIVITY ANALYSIS

Notation of emotional meaning of urban outdoor spaces based on brain waves Part 2

瀬田 惠之*, 松本 直司**, 高木 清江***, 三輪 律江****

Shigeyuki SETA, Naoji MATSUMOTO, Kiyoe TAKAGI
and Norie MIWA

We have developed the Urban Space Sensitivity Analysis System to grasp the emotional change induced by urban space in terms of four dimensions of meaning from the relationship between psychological quantities and brain wave values. We have two experiments using this system with the VTR picture and the CG picture of the actual urban areas. We could have predicted continuously the emotional changes by the urban spaces and could have described them on a time axis along with spatial information. We have inspected the effectiveness the VTR picture and the CG picture by comparing them and have made clear the influence of the urban space elements upon the human sensitivity.

Keywords : Brain wave analysis technique, Urban space, Sensitivity analysis, Notation

脳波解析手法, 都市空間, 感性分析, ノーテーション

1. 研究の背景と目的

1970年前後において大型コンピューターが一般化し、その大量データ処理システムを見込んだ空間記述（ノーテーション）研究が盛んに行われた。ノーテーションとは設計ツールとして人間の連続空間体験における感性変化・行動・空間変化を時間軸上に記録するものである。その代表例として、飯田ら^{1) 2) 3) 4) 5)} 宮宇地ら^{6) 7)}の研究が挙げられる。しかし当時のノーテーションシステムは次の2点が不可能であった。

- ①人間の感性（心の動き）^(注1)を連続的に記述できなかった。
- ②記述データをコンピューターで自動的に処理するシステムが組めなかった。

しかし、30年を経過した現在、コンピューターが汎用化しデータ処理がきわめて簡易になったこと、また人間の感性を生理反応から連続的にとらえる試みがなされてきたことなどにより、新たな局面を迎えようとしている。近年、人間の感性（心の動き）を連続的にとらえるため、諸生理反応の中の「脳波（頭皮上電位：EEG）」が注目を集めており、心の動きは脳波に強く反映することが解明されてきている。頭皮上の多数点で記録された脳波データに適当な信号処理を施すことで、人の感性を推定することが可能である。

武者⁸⁾はこの方法で、「感性スペクトル解析法」(Emotion Spectrum Analysis Method [ESAM])という新しい解析手法を開発した。「感性スペクトル解析法」とは、誘発電位^(注2)の情報の特徴を取り出し、また脳波の大小によらず脳波情報を定量的に測定する手法であり、主にストレスやリラックスといった感性的事象と脳波との関

連をとらえ、喜怒哀楽の4つの意味次元において定量的に測定し、解析することができる方法である。

筆者ら⁹⁾はこの解析手法を応用して、都市空間の移動に伴う脳波の変化とその空間の持つ意味との間の対応関係に特徴的傾向を見つけ出し、脳波情報から都市空間における感性の変化を「遊歩性」「開放性」「生活性」「機能性」の4つの意味次元でとらえた「都市空間感性分析システム」を構築し、脳波測定後に感性変化をパソコンモニタ上にグラフとして表すことを可能にした。さらに、実験対象空間を記号化し、感性変化と時間軸上で対応させることにより、空間に対しての個人の印象について分析する方法を確立した。

本システムを用いれば、人間の感性研究を進める上での実験装置として有効であることはもちろん、各自治体・設計事務所・コンサルタントなどで設計空間の事前評価システムとしての利用が期待される。また、実在している建築外部空間を評価することにより、新たな提言をすることができる。さらに、本システムにより評価されたCG映像をインターネット上で公開し、設計空間の事前評価として使用することも可能である。

本研究では、実際の都市空間を実験対象空間として、VTR映像およびウォーキングスルーCG(Computer Graphics)映像(以下CG映像)を用いて「都市空間感性分析システム」による2つの実験をおこない、都市空間を移動体験した場合における人間の感性の変化を連続的に予測した。予測した感性変化をノーテーションとして空間情報と共に時間軸上に記述し、空間形成要素や空間構成の変化と感性分析の評価傾向との関連性を求めた。またVTR映像とCG映

* 飛鳥建設技術研究所都市再生研究室 室長・博士(工学)

** 名古屋工業大学大学院工学研究科社会工学専攻
教授・工博

*** 愛知産業大学造形学部建築学科 非常勤講師・博士(工学)

**** 横浜国立大学エコテクノロジー・システム・ラボラトリー
講師(中核的研究機関研究員)・博士(工学)

Research Institute of Technology, Tobishima Corporation, Dr. Eng.

Prof., Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

Lecturer, Dept. of Architecture, Faculty of Architecture and Design, Aichi Sangyo University, Dr. Eng.

Lecturer of the Venture Business Laboratory, Eco-technology System Laboratory, Yokohama National University, Dr. Eng.

像での感性分析の評価傾向を比較し両者の有効性を検証すると共に、都市空間を構成する物的要因が感性分析の評価傾向に与える影響を明らかにした。

2. 「都市空間感性分析システム」の概要

本研究に用いた脳波解析手法は、測定した脳波の各電極間における経時的な相関をもとに、脳の活動状況を求めるものである。ここでは、脳波解析装置として感性スペクトル解析装置ESA-16（脳機能研究所）を利用し、国際脳波学会で標準化された10-20電極配置法に準じて電極を配置して計測した脳波データを基に算出した相互相関係数^(註3)を用いて人間の感性との関係を分析した。図1に脳波解析装置を用いた実験システムを示す。

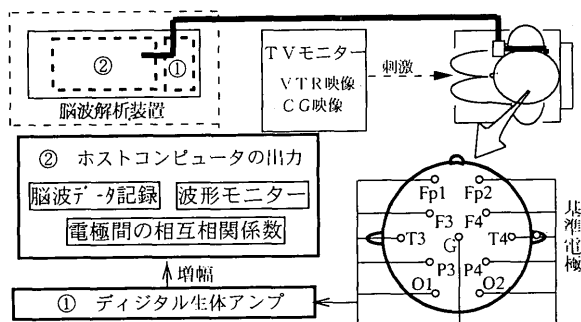


図1 脳波解析のシステム構成

前報^(註4)では、「人間の心の変化を脳波によって解析できる」との仮説に基づき、都市空間を移動体験した場合における人間の情緒の変化を、SD法評価実験で求めた「遊歩性」・「開放性」・「生活性」・「機能性」の4つの因子軸の因子得点と脳波データから得られる相互相関係数との対応関係から関数化をおこなった結果、重相関係数が0.644~0.774の有意な予測式を得た。その予測式を以下に示す。

「遊歩性」(Y1)

$$Y1 = 5.640 \times \theta F4 \cdot P4 - 4.432 \times \alpha P3 \cdot O1 + 6.837 \times \beta O1 \cdot T3 - 3.322 \times \beta P3 \cdot T3 - 2.634$$

$\theta F4 \cdot P4$: θ 波におけるF4とP4との相互相関係数

$\alpha P3 \cdot O1$: α 波におけるP3とO1との相互相関係数

$\beta O1 \cdot T3$: β 波におけるO1とT3との相互相関係数

$\beta P3 \cdot T3$: β 波におけるP3とT3との相互相関係数

「開放性」(Y2)

$$Y2 = -7.646 \times \alpha P4 \cdot T4 + 5.282 \times \alpha Fp2 \cdot T4 + 4.753 \times \theta F4 \cdot P4 - 1.021$$

$\alpha P4 \cdot T4$: α 波におけるP4とT4との相互相関係数

$\alpha Fp2 \cdot T4$: α 波におけるFp2とT4との相互相関係数

$\theta F4 \cdot P4$: θ 波におけるF4とP4との相互相関係数

「生活性」(Y3)

$$Y3 = 8.195 \times \theta P3 \cdot O1 + 6.028 \times \alpha F4 \cdot T4 - 7.310 \times \theta F3 \cdot T3 + 7.093 \times \alpha Fp2 \cdot F4 - 12.144$$

$\theta P3 \cdot O1$: θ 波におけるP3とO1との相互相関係数

$\alpha F4 \cdot T4$: α 波におけるF4とT4との相互相関係数

$\theta F3 \cdot T3$: θ 波におけるF3とT3との相互相関係数

$\alpha Fp2 \cdot F4$: α 波におけるFp2とF4との相互相関係数

「機能性」(Y4)

$$Y4 = 3.410 \times \theta Fp1 \cdot T3 - 2.672 \times \alpha Fp2 \cdot O2 + 4.389 \times \theta P4 \cdot T4 - 5.158$$

$\theta Fp1 \cdot T3$: θ 波におけるFp1とT3との相互相関係数

$\alpha Fp2 \cdot O2$: α 波におけるFp2とO2との相互相関係数

$\theta P4 \cdot T4$: θ 波におけるP4とT4との相互相関係数

この予測式の定数、説明変数、回帰式を用いて感性スペクトル解析をおこなうための都市空間感性分析用データベースを作成した。感性スペクトル解析とは、相互相関係数をもとにした合成関数を求める解析である。このデータベースを脳波解析装置に組み込むことによって、脳波測定後に「遊歩性」・「開放性」・「生活性」・「機能性」の変化をパソコンモニタ上にグラフとして表示することが可能になった。これによりこれまでのノーテーション研究では断片的にしかとらえることのできなかった人の心の変化を連続的に記述することを可能とした。

3. 多種多様な建築物が混在する都市空間を対象とした実験

実際の都市空間を実験対象空間としてVTR映像およびCG映像を用いた「都市空間感性分析システム」による実験をおこない、VTR映像とCG映像の有効性を検証するとともに、都市空間を構成する物的要因が感性分析の評価傾向に与える影響を明らかにした。

3.1 実験対象空間の特徴

名古屋市の市政資料館周辺における都市空間を対象にVTR撮影およびCG映像の作成を行った。実験対象とした地区を図2に示す。この地区には、歴史的建築物・公園・オフィスビル・店舗・住宅など多種多様な建築物や空間形成要素が存在しており、脳波測定実験を行うにあたり空間変化の影響が現れやすいと判断した。

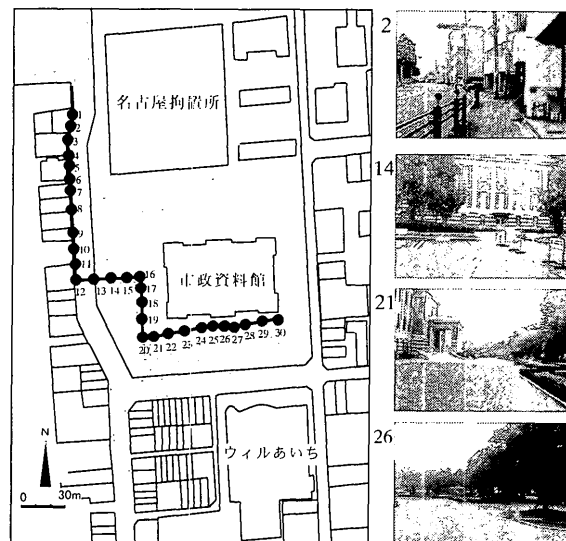


図2 実験対象映像の撮影経路と写真

3.2 VTR映像の作成と編集

図2に示す撮影経路にしたがってビデオカメラで撮影した。ビデオカメラをつけた三脚をサドルをはずした自転車に差込み固定し、人が自転車を押しながら撮影した。タイヤの空気圧を減らし、映像が路面の影響を極力うけないようにして、被験者がVTR映像を見たときその場を歩いているような雰囲気になるように撮影した。ビデオカメラ高さは地上1.3mの高さとした。^(註5) 現地撮影日時は2001年10月12日午前6時30分~7時である。

撮影経路の順番に評価地点を地点1～地点30とした。実験映像は10秒歩行して地点1に着き、3秒停止、さらに10秒歩行して地点2に着き3秒停止、以下同様に地点30まで繰り返した映像として編集した。

3.3 CG映像の作成

GIS (Geography Information System)とVRML (Virtual Reality Modeling Language)を利用し、CG映像の作成と編集を以下の手順でおこない、現地で撮影・編集したVTR映像と同一条件の実験用CG映像を作成した。

1) GISデータの階数調整、編集による地理情報の3次元化

地理情報(建物形状と建物階数)^(註6)をGISソフト^(註7)で取り込んだ後、個々の建物の種類ごとに建物高さを設定して、基本空間データ(3次元データ)を作成した。^(註8)

2) CGソフトによる景観要素の付加

CGソフト^(註9)で基本空間データを読み込み、現地の空間に存在する景観要素を付加した。景観要素は、①基本要素(地面、歩道、光)、②自然要素(樹木、植え込みなど)、③人工的要素(街灯、信号、横断歩道、看板、柵など)とした。また建物外観については、デジタルカメラ^(註10)で撮影した現地の実写映像から対象となる壁面を切り出して編集修正し、建物に貼り付けるという壁面マッピング法を用いた。^(註11)

3) アニメーション映像の作成、VRMLへの変換

実際の空間をビデオ撮影した視点高さ、画角(視野)にカメラを設定し、撮影した経路、時間、ルートが同じになるようにアニメーションを作成した。視点高さは1.3m、ビデオ画角:48mmとした。VRML形式では、あらかじめ設定したルートをナビゲート

可能である。空間内を歩行する動線の設定をおこないアニメーションCGを作成した。アニメーションの作成とVRMLデータへの変換は、CGソフト^(註9)を用いて行った。

4) CG映像の編集

作成したVRMLデータを脳波測定実験に用いるためビデオテープに編集した。パソコンモニターをXGA(1024×768)で設定し、鮮明で安定した画像に変換するため、VRMLデータを映像信号変換機を用いてデジタルビデオカメラ^(註12)でビデオテープ(S-VHS)へ録画した。VTR映像での編集と同様に撮影経路順に評価地点1～30まで順に、10秒歩行して地点1に着き3秒停止、10秒歩行して地点2に着き3秒停止、以下地点30まで繰り返して6分30秒のCG映像に編集した。

3.4 実験方法

実験は、電極装着や実験空間への慣れを考慮して、電極装着後、実験開始までに3分間程度の安静時間を被験者に与えた。その後それぞれ6分30秒に編集したVTR映像とCG映像を29インチモニターで提示した。脳波データは、被験者が実験映像を見ている間に計測した。実験は2001年10月22日～29日に行った。場所は名古屋工業大学共同研究センター客員教授室、共同実験室。被験者は名古屋工業大学の学生、大学院生で、VTR映像では男子8名、女子2名計10名、CG映像では男子9名、女子1名計10名とした。

また、各被験者ができるだけ体調の整った状態で実験に参加してもらうため前日は十分睡眠をとるよう指示とともに食事は実験の2時間前までに済ませるよう指示した。

3.5 実験結果

1) 不用データの除外

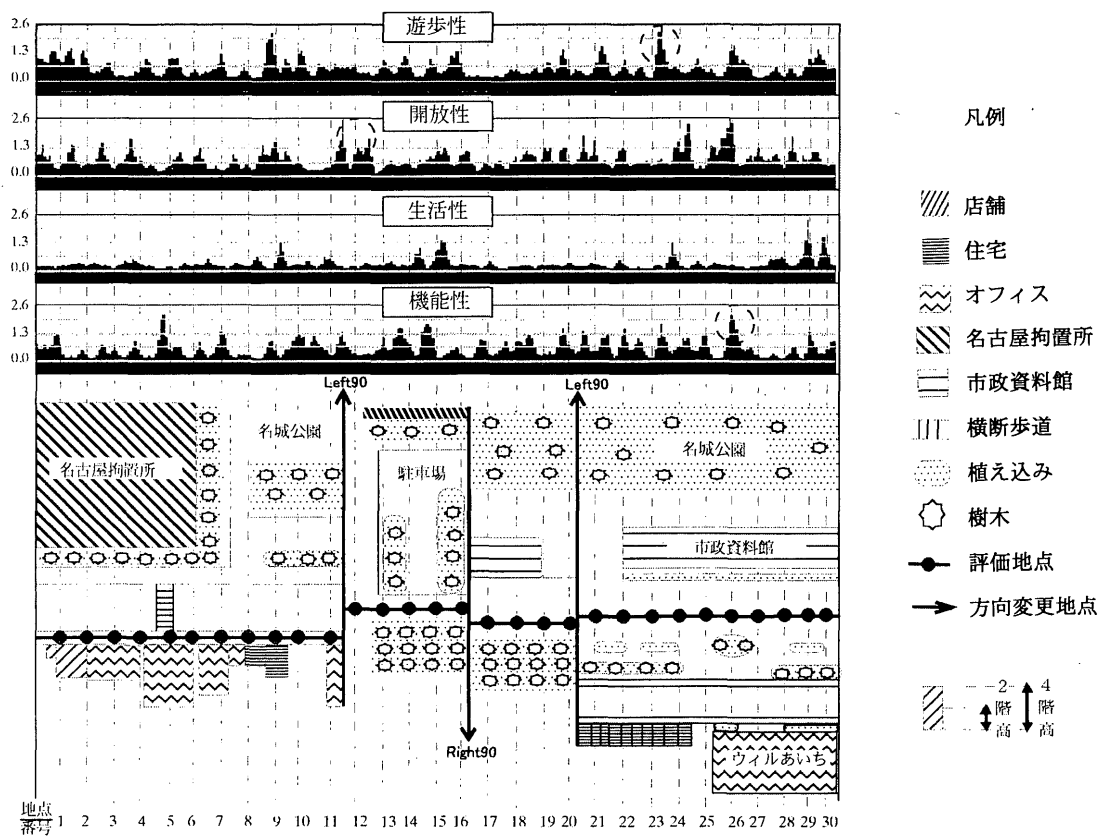


図3 感性変化と実験対象空間のノーテーション

計測した脳波データを基に相互相関係数を導出する場合、瞬きや眼球運動など被験者側の要因による影響を除くことが重要であり、各被験者について調査地点毎の脳波の波形データを見てその影響の有無を確認し、影響がある場合はその地点のデータは除外することとした。^(注13) また、VTR映像では2名、CG映像では1名については常時不安定な脳波がみられたため全ての地点での脳波データを分析対象から除外した。

2) 各評価軸での感性変化と対象空間のノーテーション

VTR映像で対象空間を移動体験した場合のある被験者の各評価軸の感性変化と対象空間のノーテーションの例を図3に示す。

対象空間の空間形成要素として「店舗」「住宅」「オフィス」「名古屋構置所」「市政資料館」「横断歩道」「植え込み」「樹木」「道路」の9項目、空間形状として「道幅」「建物高さ」の2項目、その他として「歩行場所」「方向変換」の2項目を記号化して表記した。

この被験者の各評価軸別に傾向を見ると以下のとおりである。

「遊歩性」：第23地点のように片側に樹木のある街路等の緑と建物が見えるところで評価が高い。「開放性」：第12地点のように建物による圧迫から緑のある方へ向きが変わる場所で評価が高くなる傾向が見られる。「生活性」：街路よりも市政資料館内に入ってから公園内で評価が高くなる。「機能性」：街路において一様に評価が高く、公園内では、奥にビルが見える第26地点で評価が高い。

3) VTR映像とCG映像の感性分析傾向の類似地点での評価

評価軸	地点番号	VTR地点写真の例	CG地点写真の例
高評価地点	遊歩性 2, 7, 8 11, 12 14, 16 20, 21 23, 29	7	7
	開放性 12, 18 21, 25	18	18
	生活性 なし		
	機能性 6, 7 10, 11	6	6
低評価地点	遊歩性 9, 13	22	22
	開放性 10, 23	23	23
	生活性 なし		
	機能性 なし		

図4 感性分析の評価傾向が類似するVTR映像とCG映像

VTR映像とCG映像の各被験者の感性分析において、3人以上^(注14) 共通して評価が見られた高評価地点、低評価地点を図4に示す。VTR映像とCG映像の感性分析傾向が類似する地点数は、「遊歩性」では高評価地点が11地点、低評価地点が2地点である。「開放性」では高評価地点が4地点、低評価地点が2地点である。「生活性」ではない。「機能性」では高評価地点が4地点あるが、低評価地点ではない。各評価軸の低評価地点数が高評価地点数の比べて少ない理由は、被験者毎にみると前の場面の脳波への影響を次の場面に残しているため、穏やかに評価が下がるものもあれば、急に評価がさがるものもあるためと考えられる。

これらの結果から考えられる各評価軸での類似地点での物的要因の傾向は表1に示すとおりである。ただし、「生活性」では、3人以上の高評価地点はなかったが、整然として開けた街路や緑の多い場面で評価が上がる傾向が見られた。

4) 場面別・物的要因別での感性分析の評価傾向

場面別・物的要因別の感性分析の評価傾向を図5に示す。公園の場面では、緑が多くなることや歴史的建築物が見えるなどの場面変化で評価が高くなり、街路の場面では、街路が整備されていることや通りが開けているなどの空間の持つ雰囲気や形状に対して評価が変化する傾向がある。公園の場面、街路の場面ともに「方向が変わり視界が開ける」、「方向が変わる」などの要因により評価が高くなるが、同じような場面が続くと空間への慣れから評価が低くなる傾向

表1 各評価軸別物的要因

評価軸	高くなる要因	低くなる要因
遊歩性	・ 進行方向の片側に樹木のある前方が開けた見通しが多い街路。 ・ 整備された幅の広い街路。 ・ 前の場面と方向が変わる場面。 ・ 緑が多い場面。	・ 前の場面と比べて視界が狭まり見通しが悪くなる。 ・ 同じような場面が続く。
開放性	・ 進行方向の両側または片側に空間形成要素のない視界の広がった街路。 ・ 前の場面と比べて視界が狭まり見通しが悪くなる。 ・ 幅の狭い道から広い道に出る場面。 ・ 方向が変わり、開けた場面になる。 ・ 公園内などの緑が多い場面。	・ 前の場面と比べて視界が狭まり見通しが悪くなる。 ・ 同じような場面が続く。
生活性		
機能性	・ 公園内や歴史的建築物がある空間より街路において評価が高くなる。	

：評価値が低くならない。

場面	要因	遊歩性	開放性	生活性	機能性
公園	緑が多くなる	↑	↑	↑	↑
	緑が少なくなる	↓	↓	↓	↓
	歴史的建築物が見える	↑	↑	↑	↑
	歴史的建築物が近づく	↑	↑	↑	↑
	空間形成要素により視界が開ける	↑	↑	↑	↑
街路	公園の奥にビルが見える	↑	↑	↑	↑
	緑が多くなる	↑	↑	↑	↑
	緑が少なくなる	↓	↓	↓	↓
	片側に樹木があり整備されている	↑	↑	↑	↑
	整備された幅が広い	↑	↑	↑	↑
	進行方向の両側に空間形成要素がある	↑	↑	↑	↑
	進行方向の両側または片側に空間形成要素のない視界が開けている	↑	↑	↑	↑
共通	通りの奥が見え視界が開けている	↑	↑	↑	↑
	幅の狭い道から広い道に出る	↑	↑	↑	↑
	整然として開けている	↑	↑	↑	↑
	方向が変わる	↑	↑	↑	↑
	視界が開ける	↑	↑	↑	↑
共通	場面が変わる	↑	↑	↑	↑
	前と同じような場面が続く	↓	↓	↓	↓

↑ 評価が非常に上がる ↑ 評価が上がる → 評価が変わらない ↓ 評価が下がる

図5 場面別・物的要因別での感性分析の評価傾向

向がある。

3. 6 まとめ

VTR 映像と CG 映像の都市空間分析の結果、下記のことが明らかになった。

- ①両者には高評価地点では、「遊歩性」「開放性」「機能性」に共通した場面が多く、類似傾向がみられた。低評価地点では「遊歩性」「開放性」に共通した場面があり類似傾向がみられたが、「生活性」「機能性」には共通する場面がなく傾向が十分読み取れなかった。
- ②評価軸ごとの物的要因による傾向が導出され、都市空間分析により評価する手段として VTR 映像、CG 映像が有効であることが確認できた。
- ③両者とも場面別・物的要因別感性分析の評価傾向が得られたため、計画段階の建築外部空間の評価傾向を脳波解析手法を用いて事前に推測できると考えられる。特に CG 映像は、VTR 映像にくらべ空間構成要素が単純かつ限られているため評価がまとまっており傾向が分かりやすい。したがって計画段階での予測した CG 映像を対象とした場合においても、一連の都市空間感性分析による事前評価の有用性が示唆されたと考えられる。

4. オフィス街、住宅街を対象とした実験

都市空間の物的構成として「緑」・「地面」・「空」・「構築物」をとりあげそれらの物的構成の割合と各評価軸の評価値との関連を把握するため実験対象空間をオフィス街と住宅街に変えて実験を行った。ここでは CG 映像のみでの実験としたが、その理由は、前章の実験結果から「VTR映像でもCG映像でも同様の評価が得られること。」と「CG映像は VTR 映像にくらべ空間構成要素が単純で限られているため評価がまとまっており傾向が分かりやすい。」と判断したためである。

4. 1 実験対象空間の特徴

オフィス街として名古屋市中区の丸の内地区・白川地区を、住宅街として東区の徳川園南地区・徳川園西地区を実験対象空間として CG 映像を作成した。それぞれ性質の異なるオフィス街、住宅街を対象とすることで、さまざまな物的要因に対する感性分析の評価傾向が読みとれると判断した。表 2 にそれぞれの地区概要を示す。

4. 2 CG映像の作成方法

1) 都市計画基本図のトレースによる地図の DXF データ化

都市計画基本図をスキャナーで読み取り、CADソフト^(註15)でトレースし、DXFデータを作成した。

2) CGソフトによる空間の3次元化と景観要素の作成

CG ソフト^(註9)で建物、道路の基本空間の作成、建物への壁面マッピング、地面、歩道などの基本要素や樹木や横断歩道などの景観要素の作成、付加をおこなった。壁面マッピングは現地の実写画像から対象となる壁面部分を切り出し建物表面に貼り付ける方法である。実写画像の撮影はデジタルカメラ^(註16)で行い、画像処理ソフト^(註17)で画像の編集・修正を行い、マッピング用画像を作成した。

3) アニメーション映像の作成、VRML への変換

視点高さは 1.5m、歩行速度は約 74.4m/分～ 80.4m/分。視野角は水平方向：75.2 度、垂直方向：60 度として 307m/秒としてアニメーション映像を作成した。

また「緑」、「地面」、「空」、「構築物」それぞれの物的構成の画面全

表 2 実験対象地区の概要

NO	実験対象地区	地区概要
1	丸の内地区 (オフィス街)	幅 21.3m の往復 6 車線道路の両側に高層ビルが立ち並ぶ。歩道幅は 4~5m で街路樹と広告塔が規則的に立つ。
2	白川地区 (オフィス街)	幅 8m の 1 車線道路の北側にオフィスビルが建ち、南側に白川公園が広がる。歩道幅は 3m で街路樹が規則的に立つ。
3	徳川園南地区 (住宅街)	幅 7.5m の 1 車線道路の北側に徳川園を囲む塀が建ち、南側に 1~2 階の日本家屋、一部 3 階の現代的家屋が立ち並ぶ。
4	徳川園西地区 (住宅街)	幅 7.5m の 1 車線道路は上り坂から平坦な道へと変化し、道路の両側には 1~3 階の現代的な家屋、学校、集合住宅が立ち並ぶ。

体に対する割合（面積比）は、2秒ごとの位置の画像を画像処理ソフト^(註17)で取り込み、物的構成のピクセル数と画面全体のピクセル数より算出した。各地区のCG映像を図 6 に示す。

4. 3 実験方法

編集した実験対象空間 4 地区の CG 映像を 29 インチモニターで提示している間に、被験者の脳波データを計測した。

実験開始前に、空間変化への慣れを考慮して、電極を装着してから実験開始までに3分間の安静時間を与えた。実験対象空間4地区のCG映像の切り替わりによる他の地区への影響を考慮してそれぞれの地区の切り替わり時に15秒間の休止を設けた。また、地区の提示順序による影響をなくするためAパターン（オフィス街から住宅街へ）、Bパターン（住宅街からオフィス街へ）の2パターンを作成し、それぞれ同人数の被験者へ提示した。CG映像の提示条件を表 3 に示す。

実験は、2002 年 10 月 8 日から 10 月 12 日の午前10時～午後5時の間で実施した。場所は、名古屋工業大学1号館実験室である。被験者は名古屋工業大学の学生、大学院生で、男子 11 名、女子 5 名合計 16 名とした。また、各被験者ができるだけ体調の整った状態で実験に参加してもらうため、前日は十分睡眠をとるよう指示とともに食事は実験の 2 時間前までに済ませるように指示した。

4. 4 都市空間の感性分析の評価傾向

実験で得られたデータから不安定な脳波が常時見られた 3 名の被験者のデータを除外し^(註13)、13 名のデータをもとに都市空間感性分析を行った。ある1人の被験者が丸の内地区、白川地区を移動体験した場合の各評価軸の感性変化、物的構成、対象空間のノーテーションを図 7 に示す。また、この被験者における「緑」・「地面」・「空」・「構築物」のそれぞれの物的構成の割合と各評価軸との相関を求めた。その結果を表 4 に示す。

丸の内地区で相関が有意なものに着目すると、「緑」は「生活性」との相関係数が -0.58 である。「空」は「遊歩性」との相関係数が -0.6、「生活性」との相関係数が 0.71 である。「構築物」は「生活性」とは 0.53、「機能性」とは 0.46 と正の相関がある。すなわち「緑」の割合が増加すると「生活性」の評価が下がり、「空」の割合が増加すると「遊歩性」の評価は下がるが、「生活性」の評価は上がる傾向にある。

また「構築物」の割合が増加すると、「生活性」と「機能性」の評価が上がる傾向がある。この被験者はオフィスビルなどの構築物から「生活性」、「機能性」を感じ、街路樹により視界が制限されることで「生活性」を感じにくくなっていると考えられる。白川地区では、「緑」は「生活性」と、「空」は「生活性」、「機能性」とそれぞれ有意な相関を示すが、どれも相関係数の値は 0.4 以下で小さい。

4. 5 都市空間の物的要因と感性分析の評価傾向

各被験者における各地区での4評価軸から実験対象空間の空間特性を探るため、13人の被験者の感性分析結果から、各地区に対するそれぞれの評価軸の平均値をとり、4評価軸において各被験者がどの地区に最も高い評価を示したかを求めた。各評価軸における各地区の最高評価人数を図8に示す。各地区別の各評価軸の評価傾向と物的構成との関連は以下のとおりである。

丸の内地区：「遊歩性」：2人、「開放性」：1人、「生活性」：2人、「機能性」：0人と4評価軸のどれも最高評価を与えた被験者が少なく他地区に比べて評価が低い。この地区は規則的に並ぶ街路樹や凹凸の少ない平面的オフィスビルから構成されており、空間の変化が少ないことが、それぞれの評価へ影響を与えたと考えられる。

白川地区：「遊歩性」：4人、「開放性」：7人、「生活性」：6人、「機能性」：6人と評価軸すべてにおいて最高評価を与えた被験者が多く他の地区に比べて評価が高い。この地区は、片側に公園が広がる「緑」の多い地区で、人の感性にさまざまな刺激を与える豊かな空間と考えられる。

徳川園南地区：「遊歩性」：5人、「開放性」：4人、「生活性」：4人と3つの評価軸において最高評価を与えた被験者が多く、他の地区に比べて評価が高い。この地区の特徴である「緑」の割合が多いことまた「構築物」が低層であること、日本家屋が立ち並んでいることがそれぞれの評価軸へ影響を与えたと考えられる。

徳川園西地区：「機能性」の評価軸のみ最高評価人数が6人と多く高い評価を得ている。この地区の現代的な「構築物」が「機能性」の評価を上げていると考えられる。

4. 6 各評価軸ごとの各地区の評価と物的構成・物的要因の関連

4地区のCG映像による感性評価実験から得られた各評価軸の評価値と各地区別の物的構成、物的要因との関連をまとめたものを図9に示す。各評価軸ごとの各地区の評価と物的構成・物的要因の関

連は以下のとおりである。

1) 「遊歩性」の評価と物的構成・物的要因との関連

・丸の内地区では、「空」の割合の増減に対して「遊歩性」の評価が上下する傾向にある。この地区では高層ビル、街路樹、広告塔など視界を制限する「構築物」が全体的に高い割合を占める中で、時折、「空」の割合が変化し、空間が変化することで「遊歩性」を感じていると考えられる。

・白川地区では、「緑」の割合の増減に対して「遊歩性」の評価が上下する傾向にある。公園の樹木、街路樹によりもたらされる空間の変化が「遊歩性」の評価に影響していると考えられる。

・徳川園南地区では、「緑」の割合が増加すると「遊歩性」の評価が下がり、「空」の割合が増加すると「遊歩性」の評価が上がる傾向にある。視線から家屋を隠すように立つ樹木は「遊歩性」の評価を下げ、「空」の割合が増すことにより空間に広がりをもたらされることで「遊歩性」の評価が上がると考えられる。

・徳川園西地区では「緑」の割合が増加すると「遊歩性」の評価が下がり、「構築物」の割合が増加すると「遊歩性」の評価が上がる傾向にある。ランダムに現れる庭木、形状の変化に富む「構築物」が「遊歩性」の評価に影響を与えていると考えられる。

2) 「開放性」の評価と物的構成・物的要因との関連

・丸の内地区では「構築物」の割合が増加すると「開放性」の評価が上がる傾向にある。この要因としては「構築物」の割合が大きく、圧迫感のある場面での空間の変化が「開放性」の評価に影響していると考えられる。また「空」の割合の増減に対しては「開放性」の評価は上下する傾向にある。

・白川地区では「空」の割合が増加すると「開放性」の評価が下がる。「構築物」の割合が増加すると「開放性」の評価が上がる傾向にある。丸の内地区と同様に圧迫感のある場面での空間変化が「開放性」の評価に影響していると考えられる。

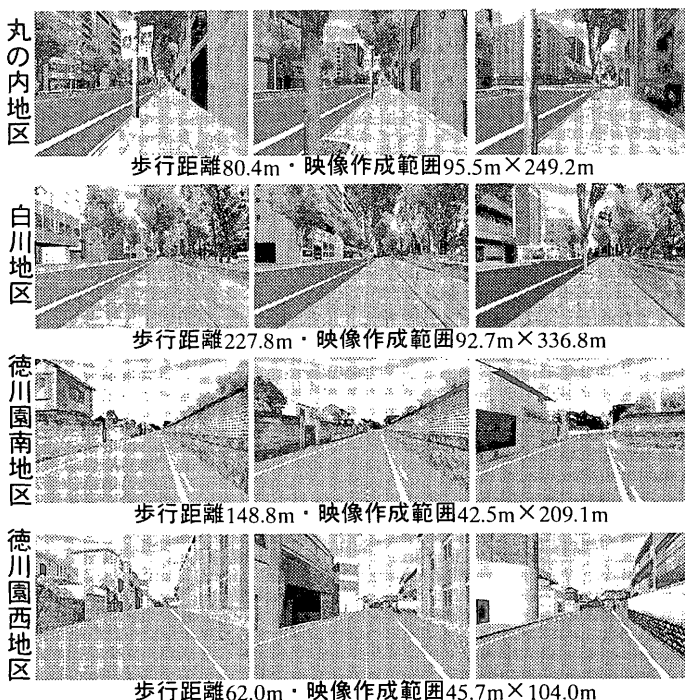


図6 実験対象空間のCG映像

表3 CG映像の提示方法（A⁺タンの場合）

順序	実験対象空間	提示時間 (秒)	歩行条件	
			歩行距離 (m)	歩行速度 (m/分)
1	丸の内地区	60	80.4	80.4
	15秒休止			
2	白川地区	170	227.8	80.4
	15秒休止			
3	徳川園南地区	120	148.8	74.4
	15秒休止			
4	徳川園西地区	50	62.0	74.4
	合計	400秒	419.0m	

表4 空間を形成する物的構成割合と評価軸との関係

		丸の内地区				白川地区			
		遊歩性	開放性	生活性	機能性	遊歩性	開放性	生活性	機能性
緑	相関係数	0.10	-0.21	-0.58**	-0.31	0.06	-0.20	-0.37**	0.25
	有意確率	0.70	0.40	0.01	0.19	0.66	0.12	0.00	0.06
地面	相関係数	0.05	-0.18	0.09	-0.17	-0.20	0.02	0.04	-0.17
	有意確率	0.84	0.47	0.71	0.49	0.13	0.87	0.75	0.21
空	相関係数	-0.60**	0.36	0.71**	0.39	-0.02	0.12	0.27*	-0.28*
	有意確率	0.01	0.13	0.00	0.10	0.87	0.37	0.04	0.03
構築物	相関係数	0.04	0.32	0.53*	0.46*	0.14	0.13	0.19	0.07
	有意確率	0.87	0.18	0.02	0.05	0.28	0.35	0.15	0.61

*相関係数は5%水準で有意 **相関係数は1%水準で有意

・徳川園南地区では「空」の割合の増減に対応して「開放性」の評価は上下する。「構築物」の割合が増加すると「開放性」の評価が下がる傾向にある。この地区では「構築物」の高さが全体的に低く、他の地区のような圧迫感のある場面がないため「構築物」の割合の減少による視界の広がり「開放性」への評価に影響すると考えられる。

・徳川園西地区では、「緑」・「地面」・「空」の割合が増加すると「開放性」の評価が下がる。「構築物」の割合が増加すると「開放性」の評価が上がる傾向にある。この地区では上り坂から平坦な道へと変化するにつれ「地面」・「空」の割合が減少し、「構築物」の割合が増加するため、道が平坦となり視界が開けることが「開放性」の評価につながっていると考えられる。

3) 「生活性」の評価と物的構成との関連

・丸の内地区では「構築物」の割合が増加すると「生活性」の評価が上昇する。店舗の看板や広告塔などの情報を示すものによる影響や被験者がこのような空間に慣れ親しんでいることの影響が考えられる。

・白川地区では「緑」・「空」の割合の増減に対して「生活性」の評価が上下する傾向にある。

・徳川園南地区では「緑」の割合が増加すると「生活性」の評価が上昇する。「構築物」の割合の増減に対して「生活性」の評価も上下する傾向にある。庭木や日本家屋が「生活性」の評価に影響を与えていると考えられる。

・徳川園西地区では「緑」の割合が増加すると「生活性」の評価が上がる。また「空」の割合が増加すると「生活性」の評価が下がる傾向にある。この地区の現代的な「構築物」の中に存在する庭木が「生活性」を感じさせていると考えられる。

4) 「機能性」の評価と物的構成との関連

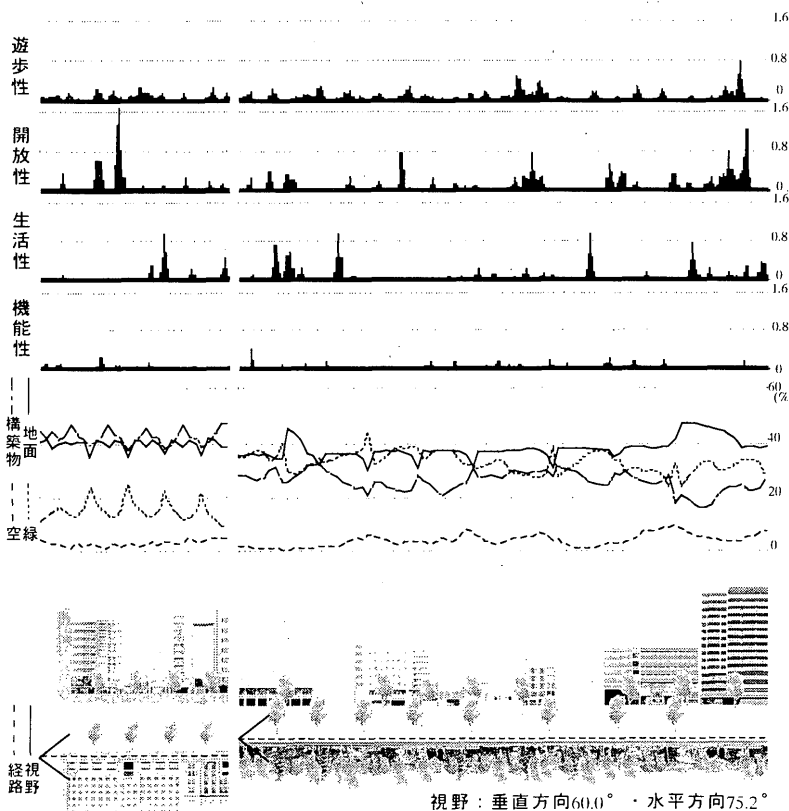


図7 感性変化と物的構成割合と実験対象区間のノーテーション

・丸の内地区では「構築物」の割合が増加するとわずかではあるが「機能性」の評価が上昇する。オフィスビルや広告塔での「構築物」から「機能性」が感じ取られていると考えられる。

・白川地区では「緑」の割合が増加すると「機能性」の評価が上昇する。「地面」・「空」の割合が増加すると逆に「機能性」の評価が下がる傾向にある。これは街路樹配置の規則性により「機能性」の評価が上がり、「地面」・「空」の割合が大きくなり、空間の広がりが生じることで「機能性」の評価が下がると考えられる。

・徳川園南地区では「緑」・「空」の割合が増加すると「機能性」の評価が下がる。また「地面」・「構築物」の割合が増加すると「機能性」の評価が上がる傾向にある。この地区では道路の両側に塀が連続していることから、空間に規則性をもたらす要素が「機能性」の評価に影響していると考えられる。

・徳川園西地区では「地面」・「空」・「構築物」の割合の増減に対して「機能性」の評価も上下する傾向にある。

4. 7 まとめ

4地区の対象地区の物的構成・物的要因と各評価軸との関係から以下のことがわかった。

- ①「遊歩性」の評価：視界の広がり、形状の変化に富む構築物、街路樹による空間の変化に対して「遊歩性」の評価が高くなる傾向にある。
- ②「開放性」の評価：構築物の割合が大きく圧迫感のある場面での空間変化に対して「開放性」の評価が高くなる傾向にあるが、構築物が全体的に低層で圧迫感をあたえる要素がない地区では構築物の割合が増加すると「開放性」の評価が低くなる傾向がある。
- ③「生活性」の評価：看板や広告塔といった情報を示すものや伝統的な日本家屋に対して「生活性」の評価が高くなる傾向にある。

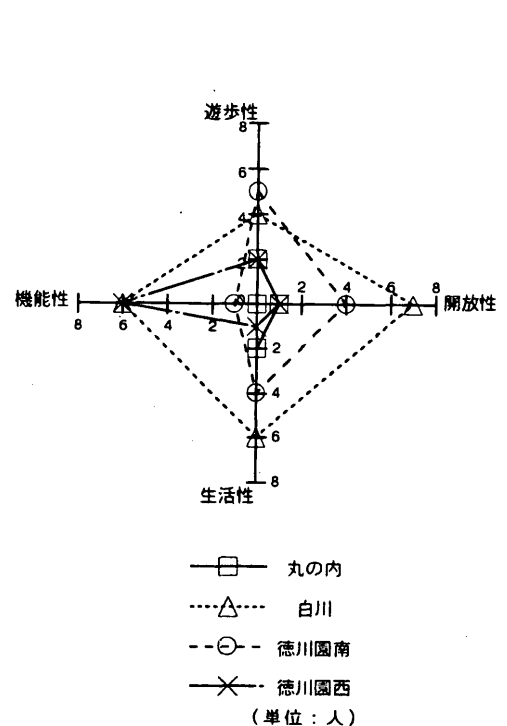


図8 実験対象空間の評価軸別特性

対象空間	物的構成	物的要因	遊歩性	開放性	生活性	機能性
丸の内地区 オフィス街	緑	街路樹	↑	↓	↑	↑
	地面	6車線(片側3車線)道路、歩道	—	—	—	—
	空		↑	↑	↑	↑
	構築物	店舗・オフィスビル・マンション(2~11層)、広告塔	↓	↑	↑	↑
	緑	街路樹、公園の樹木	↑	↓	↑	↑
	地面	1車線道路、歩道	↑	↑	—	↑
白川地区 住宅街	空		↑	↑	↑	↑
	構築物	オフィスビル・マンション(4~15層)、ガソリンスタンド	—	↑	—	↑
	緑	庭木、徳川園内の樹木	↓	↑	↑	↓
	地面	1車線道路	↑	↓	—	↑
	空		↑	↑	↑	↑
	構築物	家屋(1~3層、大半が日本家屋)	↑	↓	↑	↑
徳川園南地区 住宅街	緑	庭木	↑	↓	↑	↑
	地面	1車線道路(上り坂から平坦な道へと変化する)	↑	↓	↑	↑
	空		↑	↑	↑	↑
	構築物	家屋(1~3層、大半が現代的なもの)、集合住宅・学校(3層)	↑	↑	↓	↑
	緑	庭木	↑	↓	↑	↑
	地面	1車線道路	↑	↓	↑	↑

凡例



物的構成の割合の増加に対する評価、減少

に対する評価のどちらもみられる



同上(評価傾向が小さい場合)



物的構成の割合の増加に伴い評価が上がる



同上(評価傾向が小さい場合)



物的構成の割合の増加に伴い評価が下がる



同上(評価傾向が小さい場合)



評価がみられない

図9 各地区の物的構成別の感性分析評価傾向

また、住宅街においては庭木が見えることによって「生活性」の評価が高くなる傾向にある。

- ④規則的に並んだ街路樹や連続する塀によって空間に規則性がもたらされることで「機能性」の評価が高くなり、また空間に広がりが生じることによって「機能性」の評価が低くなる傾向がある。

5. 結論

多種多様な建築物等が混在する都市地区やオフィス街・住宅街を実験対象として、VTR映像とCG映像を用いて脳波解析手法による都市空間感性分析を行った結果、各地区の特性に応じた物的構成・物的要因に対する感性分析の評価傾向が得られた。今後、VTR映像やCG映像を利用して実在する建築外部空間への評価、設計空間の事前評価の手法として、「都市空間感性分析システム」を用いることの有用性が示唆されたと考えられる。

謝辞

この論文の作成にあたりご協力いただきました、名古屋工業大学卒業の馬場祥子氏、佐藤麻由氏、および脳機能研究所所長の武者利光氏に感謝の意を表します。

注

- 注1) 文献11によれば「感性とは、刺激対象を見たときに直感的に感じる感情や欲求に関する心の動き」という意味である。
- 注2) 参考文献10によれば、誘発電位は感覚性の刺激に対応した大脳の電気現象である。視覚誘発電位(VEP)、聴覚誘発電位(AEP)、体性感覚誘発電位(SEP)といわれる誘発電位は潜時の長い反応であり、記録電極に近い場所すなわち皮質で発生した電位現象である。これらの誘発電位は、事象関連電位(ERP)として取り扱われており、動機付け、注意、認識、記憶、判断あるいは期待といった精神活動との関連性が強いといわれている。
- 注3) 相互相関係数とは、2個の電極で構成された電極対のそれぞれの電極において、解析区間内で観測された測定電位の相関係数である。相互相関係数は、解析区間内の頭皮上位置における電位状態の関係をとらえ、脳の活動位置や状態に関する量である。本研究での解析条件は、脳波のサンプリング間隔:0.01秒、解析区間(積分時間)は1.0秒である。
- 注4) 参考文献9では、名古屋市・栄地区の街路空間を実験対象として、SD法心理実験と脳波測定実験をおこない、都市空間における人間の情緒の変化を「遊歩性」「開放性」「生活性」「機能性」の4つの意味次元でとらえ、脳波データから得られる相互相関係数との対応関係から関数化をおこない、有意な予測式を得た。
- 注5) ビデオカメラを歩行者の視点高さ1.5mになるように極力近づけたが、自転車のサドルとの関係上、1.3mの高さに設置した。
- 注6) ArcView3.0Sharpデータ(㈱バスコ)を使用した。
- 注7) ArcViewGIS(ESRI社)を使用した。
- 注8) 個々の建物の建物高さの設定は市政資料館(3F)=1.0として基準とし

て、オフィスビル(比較的大規模なもの)=1.0、オフィスビル(比較的小規模なもの)=0.8、マンション=0.8、戸建て住宅=0.6の比率で設定した。高さ調整には、編集ソフトとしてArcViewAnlyst(ESRI社)を使用した。

注9) 3D Studio Max, Character Studio(共にKINETIX社)を使用した。

注10) Nikon COOLPIX900(130万画素)を使用した。

注11) 画像処理ソフト(Adobe Photoshop)によりデジタルカメラで撮影した現地実写画像を編集・修正を行い、長方形の立体画像を作成し、3D Studio Maxで取り込み、薄い壁面データをつくり建物に貼り付ける方法とした。

注12) SONY Digital Handycam PCR-PC110を使用した。

注13) 不安定な脳波や乱れ、瞬きや眼球運動などによる乱れは、対象刺激による影響ではない。しかし、これらの反応が見られた場合は分析対象から除外することとした。本研究ではそれぞれの評価地点(3秒間止)での脳波データで瞬きによる脳波の乱れが1秒以上継続する場合はその評価地点の脳波データは分析対象から除外した。

注14) 分析の手続きとして、被験者数10人に対して30%以上(3人以上)に反応が見られた地点を類似地点と定めた。

注15) Vector Worksを使用した。

注16) PENTAX Optio 330RS(330万画素)を使用した。

注17) Adobe Photoshopを使用した。

(本論文に関する既発表論文)

*1) 高木清江, 松本直司, 三輪律江, Mohamed Usama, 武者利光: VTR映像とウォーキングスルーCG映像の有効性 脳波解析手法による都市空間の感性分析 その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1 分冊, pp. 981-982, 2002.8

*2) 瀬田恵之, 松本直司, 高木清江, 三輪律江: オフィス街と住宅街を対象としたウォーキングスルーCG映像による感性分析—脳波解析手法による都市空間の感性分析— その3—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1 分冊, pp. 1101-1102, 2003.9

参考文献

- 飯田勝幸, 小林秀嗣, 内田光彦, 大田実: 外部空間における視覚情報の分節点の抽出 連続的空間把握による視空間構造の解析的研究—1—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 671-672, 1971.8
- 飯田勝幸, 春田義行, 吉田君: 外部空間における分節点特性および数値的表示について 連続的空間把握による視空間構造の解析的研究—2—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 673-674, 1971.8
- 飯田勝幸, 春田義行, 吉田君: 外部空間における分節点特性について 連続的空間把握による視空間構造の解析的研究—3—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 675-676, 1971.8
- 飯田勝幸, 小林秀嗣, 内田光彦: 外部空間の視覚情報系の分節構造およびその特性把握 連続的空間把握による視空間構造の解析的研究—4—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 677-678, 1971.8
- 飯田勝幸: 街路の空間譜 建築文化30(N0.340), pp.150-156, 1975.2
- 宮宇地一彦: 人間の移動に伴う視覚的シーケンス研究(その1), 日本建築学会計画系論文報告集, 第440号, pp.99-109, 1992.10
- 宮宇地一彦: 人間の移動に伴う視覚的シーケンス研究(その2), 日本建築学会計画系論文報告集, 第455号, pp.97-108, 1994.1
- 武者利光: 日経サイエンス1996.4号「こころ」
- 松本直司, 瀬田恵之, 河野俊樹, 高木清江, 武者利光: 脳波解析手法を用いた建築外部空間の情緒的意味のメタフィジック, 日本建築学会計画系論文報告集, 第562号, pp.181-186, 2002.12
- 鈴木良治, 佐藤俊輔, 池田研二, 吉川昭編: 生体信号—計測と解析の実験—, コロナ社, 1989.5
- 宮田洋(監修), 山崎勝男, 藤澤清, 柿木昇治編: 新生理心理学3巻 新しい生理心理学の展望, pp.94, 北大路書房, 1998.9

(2003年5月9日原稿受理, 2003年12月4日採用決定)