

景観に対する情動反応及び評価に関する NIRSを用いた室内脳科学実験

松本純也¹・山田圭二郎²・精山明敏³・吉村晶子⁴・川崎雅史⁵・久保田善明⁶

¹ 学生員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1,
E-mail: matsumoto.junya.37e@st.kyoto-u.ac.jp)

² 正会員 博士 (工学) 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1,
E-mail: keijirou.yamada.6w@kyoto-u.ac.jp)

³ 非会員 理博 京都大学大学院医学研究科 (〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町 53,
E-mail: aseiyama@hs.med.kyoto-u.ac.jp)

⁴ 正会員 博士 (工学) 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1,
E-mail: yoshimura.akiko.7a@kyoto-u.ac.jp)

⁵ 正会員 博士 (工学) 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1,
E-mail: kawasaki.masashi.7s@kyoto-u.ac.jp@kyoto-u.ac.jp)

⁶ 正会員 博士 (工学) 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1,
E-mail: kubota.yoshiaki.8w@kyoto-u.ac.jp)

景観の認識・評価は、色や形といった眺める対象そのものの属性のみならず、視覚情報に含まれる空間属性(視覚的大小さ、奥行き、位置関係等)や触覚・運動感覚等の身体感覚的情報、それらによって喚起される体験・記憶等にも起因すると考えられる。しかし、景観とその認識・評価に関する原理的研究は十分に行われていない。本研究では、景観に対する快・不快の評価原理を明らかにするための基礎的知見を得ることを目的とし、町並み景観・河川景観・都市景観など様々な景観画像を対象に室内におけるスライド実験をおこない、医学分野において快・不快などの生理的な情動に関係があると考えられている前頭前野の脳血流変化を近赤外分光法(Near InfraRed Spectroscopy)により計測した。

キーワード: 景観, 評価, 近赤外分光法, NIRS, 脳血流, スライド実験, 前頭前野

1. はじめに

(1) 研究の背景

景観の認識および評価は、人と環境との相互作用によって成り立つものである。そこには本来身体が介在し、またその身体を通じた過去の記憶や体験が多様に絡み合っており、色や形といった対象そのものの属性に係る視覚情報のみに依るものではないと言える。しかしながら、このような複雑な景観認識の構造に対し、これまでになされてきた研究の多くは環境と「美しい」「調和のとれた」といったアウトプットとしての評価との関係を見るにとどまり、両者をつなぐ景観認識および評価の構造に原理的に踏み込んだ研究は少ない。

他方、景観形成の実践段階として、多くの自治体では地域住民を主体とした「景観まちづくり」が行われ始めており、その土地の歴史や風土、あるいは自らが日常的に生活を送っている場をあらためて認識・評価し、価値を見出している。こうした地域住民による環境の評価は、

専門的あるいは論理的・理性的な景観の評価というよりはむしろ、環境とのかかわりに根ざしたより直観的な評価が本質であるといえる。このような景観の直観的な知覚・認知および景観の認識・評価の原理的な構造を解明することは社会的にも求められていると言える。

景観認識および評価の構造の解明の手がかりとなる具体的手段として、脳機能計測手法の一つである近赤外分光法がある。近赤外分光法(Near InfraRed Spectroscopy, 以下、NIRSと略す)とは波長の異なる2つの近赤外光により、脳内毛細血管中のヘモグロビン濃度の変化量を計測する技術で、この濃度変化から神経系の活動を間接的に測定することができる。従来のSD法等による景観の主観評価では、先述のように被験者の最終的な評価しか分からず、また無意識のうちに処理した情報や言語化しきれない情報も抜け落ちてしまう。それに対して、NIRSを始めとした脳機能計測では、感覚器官が受け取った刺激や情報をより直接的にデータとして取り出すことができ、その評価に至る要因を検討することができる。

(2) 研究の目的

上記の背景のもと、本研究では NIRS を用い、景観の直観的な評価と脳血流データとの関係について分析をおこない、景観認識および評価の構造を明らかにするための手がかり、基礎的知見を得ることを目的とする。具体的には、町並み景観・河川景観・都市景観など様々な景観画像を対象に室内におけるスライド実験をおこない、医学分野において快・不快などの生理的な情動に関係があると考えられている前頭前野の脳血流変化を計測する。

(3) 既往研究および本研究の位置づけ

景観分野における NIRS を用いた研究としては、菊池ら¹⁾の研究が挙げられる。菊池らは、景観評価を高次認知機能の一つとして捉え、規制に沿った都市の昼景、規制に沿っていない都市の昼景および都市の夜景を対象に、NIRS と眼球運動計測を用いた室内での画像提示実験をおこなった。この結果、NIRS では都市の昼景においては夜景に比べ空間認知領域を中心に血流が上昇し、また眼球運動計測では、規制に沿った都市の昼景において奥行き方向に視線が向けられるのに対し、規制に沿っていない都市の昼景と都市の夜景では看板や通行人の顔に視線が集中することを観察している。そしてこれらの結果を踏まえ、都市の景観認知メカニズムの仮説として、「奥行きを基本認知とするが、他要素に視覚的注意の容量を分配することによって阻害される」というモデルを示唆している。だが、菊池らの研究では、景観の評価と脳血流データとの関係は十分に分析されていない。

一方、医学分野における NIRS を用いた情動に関する研究として、星ら²⁾の研究がある。星らは、強い快・不快を誘発させる画像を被験者に6秒間提示し、その時の前頭前野における脳血流変化を近赤外分光法により計測した。その結果、快を誘発させる画像を見せた場合、左半球の前頭前野背外側部の酸素化ヘモグロビン濃度 oxy-Hb が低下し、不快を誘発させる画像を見せた場合は、両半球の前頭前野腹外側部周辺部の oxy-Hb が増加することを観察している。しかし、星らの研究では景観画像に限らず様々な画像を扱っている上、強い快・不快の情動を誘発する刺激（画像）に限定している。

以上の既往研究に対して本研究は、研究の目的に示したとおり、景観の認識および評価の構造を明らかにするための端緒的な研究として位置づけられる。したがって、スライド実験で使用する景観画像は、その刺激の強度（強い快・不快の情動を刺激するか否か）に関わらず、景観画像のみを用いる。また、快・不快の二分類だけではなく、快あるいは不快のより詳細な分類を試みるため、従来より多くの研究の蓄積のある SD 法を用いた景観評価（主観評価）を実施し、それらの結果と NIRS による脳血流測定結果との比較検討をおこなう。

本研究は、SD 法のような心理的手法を用いた従来の景観評価の手法を活用しつつ、景観認識および評価に対して、脳血流データという人間の生理反応に基づく新たな視点を提供しようと試みる。そして、両者を結びつけ、景観認識および評価の原理的解明に資することを旨とするものである。以上の点に本研究の新規性がある。

(4) 研究の構成

次章では、既往研究の結果に基づき本研究の仮説を設定する。その後、実施したスライド実験の概要と実験結果の分析方法およびその分析に用いる SD 法によるアンケート調査の枠組について説明する。第3章ではスライド実験の結果とアンケート調査の結果を述べ、第4章ではそれらの結果を踏まえ考察をおこなう。最後に第5章では、第4章までのまとめをおこない本研究の結論を述べるとともに、今後の展望を述べる。

2. 実験および分析の枠組

(1) 近赤外分光法とは

前章で触れた通り、NIRSは脳内のヘモグロビン濃度の変化量を計測し、神経系の活動を間接的に測定する技術である。活発な神経活動を示す領域では一般に多くの酸素を必要とする。酸素は血液中のヘモグロビンによって運搬されるため、神経活動時には血流量が上昇する。この酸素をもつヘモグロビンを酸素化ヘモグロビンといい、酸素が消費された後のヘモグロビンを脱酸素化ヘモグロビンという。ここで、酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンは波長の吸収強度が異なる。そのため、2種類の波長の近赤外光を送光プローブにより頭皮上から脳内に照射し、進んできた光を受光プローブにより再び頭皮上で検出することにより、その間の領域の両ヘモグロビン濃度の変化量を計測できる。この酸素化・脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化に加え、NIRSでは、これらを合わせた総ヘモグロビンの濃度変化の3つを計測できるが、このうち酸素化ヘモグロビン濃度変化が局所脳血流変化ともっともよく相関すると考えられている。そのため、NIRSを用いた研究では神経活動の指標として酸素化ヘモグロビン濃度変化がよく用いられる。本研究においてもこの酸素化ヘモグロビン濃度変化を指標として用いた³⁾。

NIRSの特徴として、人体に無害な近赤外光を用いるため侵襲性がないこと、時間分解能が高く100ミリ秒単位で計測ができるため経時的な脳活動の変化を評価できることが挙げられる。また、臥位で無動を保たなければならぬ他の脳機能計測法と比較すると、拘束性が低く自然な状態での計測が可能である。

(2) 研究仮説の設定

先の既往研究で取り上げた星ら²⁾の研究結果を景観画像の場合に適用し、本研究の仮説を設定する。

星らによれば、快を誘発する画像を提示した場合は、図-1のチャンネル5の酸素化ヘモグロビン濃度が低下し、不快を誘発する画像を提示した場合は同図のチャンネル6、16の酸素化ヘモグロビン濃度が上昇する。

そこで本研究では、図-1のようにプローブ配置とチャンネル番号を設定し、景観画像を見た際にチャンネル5のoxy-Hbが低下した場合、脳血流データにおいて快が検出された区間とし、チャンネル6、16のoxy-Hbが同時に上昇した場合を同データにおいて不快が検出された区間とする。ただし、星らの情動の定義は、感覚刺激に対して論理的思考や理性的判断以前に生じる生理的、本能的な反応であり、その研究結果は、そうした思考・判断の生理反応が含まれないと考えられている、画像提示開始から6秒間のデータを用いて分析したものである。これに対して本研究では、画像提示時間を12秒間に設定した。

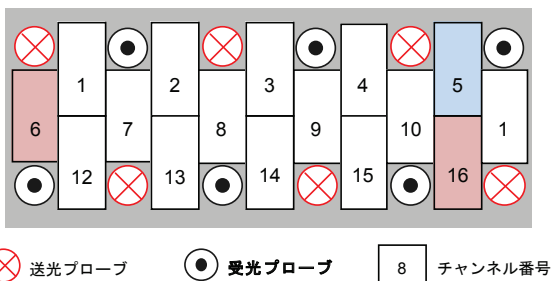


図-1 プローブ配置とチャンネル番号

これは、本研究ではSD法を用いた心理実験による結果とNIRSによる脳血流反応の結果との比較検討をおこなうため、また脳血流反応の時系列的な変化の傾向を探るためであるが、6秒以降では上述の思考・判断による反応が含まれる可能性がある。本研究では景観に対する生理的な情動反応とその意味を探るための最初の手がかりとして星らの研究成果を研究仮説として設定する。したがって、この仮説を基本的な手がかりとして6秒以降の脳血流反応を検討する。本研究の結果および考察はこの点において限定を受ける。

(3) スライド実験の方法

a) 実験の諸元

脳機能計測には、複数箇所の同時計測が可能な島津製作所製OMM-3000を使用し、データを100ミリ秒間隔で取得した。プローブ配置は国際10-20法に基づき、2×6プローブセットを用いて前頭前野の計16チャンネルを計測した(図-1)。実験は、実験室内のパーティションで仕切られた幅1700mm×奥行き3400mmの空間でおこなった。プロジェクタを用いたスクリーンへの投影により画像を提示し、投影範囲は縦1220mm×横1610mm、視距離は2350mm、被験者に対する画角は38°とした。実験中は室内のあかりを消し、外光を遮断した。

実験に用いた刺激画像は、今後の研究に資する手掛りを得るため、景観として多様性に富むよう20枚を選定した(図-2)。



図-2 刺激画像として実験に用いた景観写真

被験者は、京都の大学に通う医学系・土木系の学生それぞれ10名ずつ（医学系：男性4名・女性6名，19～25歳，土木系：男性7名・女性3名，21～24歳）であり，実験全体で合計20名とした．なお，利き手の違いによる脳活動部位の差異を考慮し，利き手度チェックテストを事前におこない，全被験者が右利きであることを確認した．

実験は，2011年11月25日から2012年1月7日までの期間に計6日間行い，午前10時から午後6時の間に実施した．

b) 実験の手順

実験は，事前にその内容について被験者に説明し，同意を得た上でおこなった．

被験者の前頭部にNIRS用プローブを装着し，キャリブレーションをおこなった後に，「グレーシート14秒・景観画像12秒・質問5秒」を繰り返し20回おこなう課題を開始した．質問項目は，「初めの印象はどうでしたか？」の1つのみとし，これに対する回答は「1. 快」

「2. 不快」の2択とした．被験者には，①実験中，体動は控えること，②グレーシート提示中は何も考えず落ち着くこと，③景観画像は，普段景観を眺めるのと同じように自由に眺めること，④質問に対しては，景観画像を見た直後の印象を5秒以内に口答すること，の4点を事前に教示した．また実験直後に，使用した20枚の景観画像について事後アンケートをおこなった．質問項目は，①「快-不快」の11段階での評価，②①の評価の理由，③実験中に思い出した記憶・感じた事柄・注視点・その他コメントしたいこと，④実験後に写真を見て思い出す記憶・感じる事柄・その他コメントしたいこと，⑤画像の場所を知っているか，⑥画像の場所に行ったことがあるか，の6つとした．

(4) 分析の方法

a) 脳血流データの処理

実験で得られた脳血流の元データに対し，OMM-3000上で15点の移動平均を取り，機械ノイズ等の高周波成分を除去した⁴⁾．

その結果得られたデータに対し，さらに脈波成分を取り除く処理⁵⁾として，各点における前後5点の平均を取ることにより，データを平滑化した．前後5点の平均としたのは，脈波の周期がおよそ1Hzであるため，1秒間の平均を取ることによりその振幅が打ち消されると考えたためである．

b) 脳血流データにおける快・不快検出区間の抽出

前述の研究仮説にもとづき，実験で得られた脳血流データにおいて快・不快が検出された区間を以下の基準で抽出し，実験中および事後アンケートの「快/不快」の回答結果と比較し，分析をおこなった．

ある時刻 T_i とその3秒後の時刻 T_{i+3} でのoxy-Hbを比較する．oxy-Hbを時刻の関数 $f(t)$ と考えたとき，チャンネル5

のoxy-Hbが条件「 $f(T_i) > f(T_{i+3})$ 」を3秒以上連続で満たした場合，脳血流データにおいて快が検出されたとみなし抽出する．不快に関しては，チャンネル6，16のoxy-Hbが条件「 $f(T_i) < f(T_{i+3})$ 」を3秒以上連続で満たした場合，その区間が重なる部分を脳血流データにおける不快として抽出する．

ここでまず，時刻 T_i と T_{i+3} とを比較する理由は，生理ノイズや機械ノイズのような比較的短時間の変化の影響を無視し，より長時間の変化とされる快・不快の傾向をとらえるためである．次に，「3秒以上連続で満たした場合」とする理由は，6秒以上では認知活動が含まれ，血流データの波形が変化するおそれがあること，4，5秒以上では条件が強く，快・不快と考えられる信号の多くを検出でないこと，1，2秒以上では条件が弱く，快・不快以外の信号までも検出されることと考えたためである．

c) SD法によるアンケート調査

スライド実験で用いた20枚の景観画像に対しSD法によるアンケート調査^{6,7)}をおこない，その結果をもとに景観画像の特性を抽出し，脳血流データおよび「快/不快」の回答との相関を分析する．

アンケート調査においては，20枚の景観画像を一枚ずつ液晶モニターの画面上に提示し（提示範囲：縦215mm×横285mm），15個の形容詞対に対し，-3点から3点の7段階で評価させた．被験者は京都の大学に通う医学系・土木系の学生各々15名ずつ（医：男性6名・女性8名，21～25歳 工：男性11名・女性4名，21～26歳）であり，そのうち医学系8名・土木系8名が先のスライド実験参加者である．画像の提示時間については特に制限を設けなかったが，直観的に回答するよう教示した．

d) 因子分析及びクラスター分析⁸⁾

アンケート調査結果を分析するにあたっては，はじめに各形容詞対に対し，全被験者・全写真の評価点数の平均値，標準偏差を求め，「平均値+標準偏差」が評価点数の最大値である3点以上となる「天井効果」，「平均値-標準偏差」が最小値である-3点以下となる「フロア効果」について検討した．その後，両効果の見られなかった形容詞対における全被験者・全写真の評価点数を一括して因子分析にかけた．これは景観画像の属性によらない景観の評価軸を抽出するためである．

なお因子分析では，因子の抽出には主因子法を，軸の回転にはKaiserの正規化を伴うプロマックス法を用い，固有値が1以上の因子を抽出因子とした．

次に，因子分析の結果得られた評価軸をもとに，同じく因子分析で得られた因子得点にしたがって20枚の写真に対しクラスター分析をおこない，写真を分類した．クラスター分析では，凝集型の階層クラスター分析を用い，また類似度，距離の定義にはそれぞれWard法，平方ユークリッド距離を用いた．

表-1 脳血流データにおける反応及び実験時の快・不快回答の検出数

脳血流データ	実験中の回答	クラスター/写真番号																				合計					
		I					II					III					IV						V				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
快反応	「快」	9	11	11	12	6	8	3	8	5	9	7	4	4	6	1	5	4	3	3	106	158					
	「不快」		1	1						1	1	1	5	4	6	8	7	1	4	3	52						
不快反応	「快」	2	2	1	3	3	1	2	1	1	1	3	1	2					2	29	47						
	「不快」					1					1			3	2	6	2	3		18							
二双性	「快」	9	3	6	4	8	10	14	10	12	8	7	5	8	3	2	2	3	2	119	182						
	「不快」		3	1		2	1				2	4	5	8	6	4	2	11	7	63							
信号無し	「快」				1			1	1	1							2		1	8	13						
	「不快」											1		1	1	1				5							
合計	「快」	20	16	18	20	17	19	20	20	19	18	17	10	8	5	3	2	14	2	262	400						
	「不快」		4	2		3	1			1	2	3	10	12	15	17	18	6	18	138							

各写真に対して「快反応」を示した被験者数の平均 ■ : 9.8, ■ : 7, ■ : 7.3 ■ : 「二双性」を示した被験者数が10以上の写真

3. 結果

(1) スライド実験の結果

NIRS による脳血流測定の結果と実験中の快・不快の回答の結果との関係を、表-1 に示す。

実験中の5秒間の質問に対して被験者が「快」と答えた数は262、「不快」と答えた数は138であった。脳血流データでは、画像提示12秒間のうちに快のみが検出された(以下、「快反応」を示したと呼ぶ)数は158、不快のみが検出された(以下、「不快反応」を示したと呼ぶ)数は47、快・不快の両方が検出された(以下、「二双性」を示したと呼ぶ)数は182、いずれも検出されなかった数は13であった。また、「1.『快反応』を示し、実験中に『快』と答えたもの」が106、「2.『快反応』を示し、実験中に『不快』と答えたもの」が52、「3.『不快反応』を示し、実験中に『快』と答えたもの」が29、「4.『不快反応』を示し、実験中に『不快』と答えたもの」が18個、また、「5.『二双性』を示し、実験中に『快』と答えたもの」が119、「6.『二双性』を示し、実験中に『不快』と答えたもの」が63あった。

この結果より、脳血流データ上の「快反応」あるいは「不快反応」と被験者の質問回答上の「快/不快」とが一致するものも確かに存在するが、一致しないものも存在し、さらに同区間で快・不快が同時に検出されるような「二双性」を示すものが非常に多く現れていることがわかる。

(2) SD法の結果

a) 因子分析

15の形容詞対を用いたSD法によるアンケート調査結果をもとに、因子分析をおこなった。なお、すべての形容詞対において天井効果・フロア効果は見られなかった。

因子分析の結果、固有値が1以上の因子は3つのみであり、この3つの因子を抽出した(表-2)。

第1因子は「整然とした」「きれいな」「美しい」「居心地の良い」「落ち着く感じがする」「開放的な」の6個の対語が高い因子負荷量を示していることから、

表-2 因子分析結果

評価尺度 (形容詞対)	因子負荷量			共通性
	居住性 因子1	時間性 因子2	触知性 因子3	
□整然とした (雑然とした)	1.007	.002	-.301	0.725
□きれいな (きたない)	.955	-.120	.009	0.859
□美しい (みにくい)	.870	-.044	.103	0.852
□居心地の良い (居心地の悪い)	.754	.015	.239	0.863
□落ち着く感じがする (疲れる感じがする)	.670	.220	.206	0.850
□開放的な (閉鎖的な)	.612	-.237	.198	0.486
□古びた (新しい)	-.260	.975	-.091	0.811
□歴史的な (現代的な)	.210	.760	.027	0.755
□素朴な (洗練された)	-.211	.634	.324	0.545
□自然な (人工的な)	.149	.443	.407	0.654
□やわらかい (かたい)	.042	.041	.807	0.726
□賑やかな (寂しい)	-.225	-.563	.601	0.365
□暖かい (冷たい)	.273	.048	.594	0.666
□親しみやすい (よそよそしい)	.353	-.029	.579	0.698
□違和感のない (違和感のある)	.346	.032	.417	0.494

「居住性」と解釈する。ここでいう「居住性」とは、人間が本来的に安心や心地よさを感じるような、我々を取り巻く環境の明朗な美的特性のことを指す。この第1因子は、SD法を考案したオズグッドが提案した主要3因子「評価性」(Evaluation)、「力量性」(Potency)、「活動性」(Activity)のうち、「評価性」に該当し、総合的な評価の意味合いを持つものと解釈できる。第1因子に関連する形容詞対のうち、「開放的な-閉鎖的な」の共通性(因子が各尺度をどの程度うまく説明できるかを示す値)は0.486で、他の形容詞対に比べてやや値が低かった。

次に、第2因子は「古びた」「歴史的な」「素朴な」「自然的な」の4個の対語が高い因子負荷量を示したことから、過去から続く環境の持続性ととらえ、「時間性」と解釈する。

表-3 各クラスターの因子得点 (平均点)

	居住性 (因子1)	時間性 (因子2)	触知性 (因子3)
クラスターI	0.704	0.949	0.526
クラスターII	1.052	0.379	1.376
クラスターIII	0.516	-1.016	-0.359
クラスターIV	-0.959	-0.876	-0.506
クラスターV	-0.777	0.238	-0.581

最後に、第3因子は「やわらかい」「賑やかな」「暖かい」「親しみやすい」「違和感のない」の5個の対語が高い因子負荷量を示したことから、空間に参入した際の肌に馴染む感覚、包まれる感覚ととらえ、「触知性」と解釈する。第3因子に関連する形容詞対のうち、「賑やかな-寂しい」、「違和感のある-違和感のない」の共通性はそれぞれ、0.365, 0.494で、他の形容詞対に比べてやや低い値を示した。

b) クラスター分析

クラスター分析の結果、20枚の景観画像は、最小単位のクラスター分類において、5つのクラスターに分類された。第1因子から第3因子の各々に対するクラスターごとの因子得点の平均点を表-3に示す。

4. 考察

(1) 「快/不快」の回答と脳血流データとの関係

3(1)に述べたように、血流データにおける快・不快反応と被験者が回答している「快/不快」とが一致しているものの他に、両者が一致しないものや「二双性」を示すものがあつた。

この理由としては、空やビル群、看板など景観の構成要素は実に多種多様であり、たとえ同じ景観であっても見る人により注視する要素や景観の見方、捉え方も多様であるため、ということが考えられる。星らの先行研究で用いられた画像（ゴキブリや便器、子供の笑顔等）のように対象物がひとつであり、それに対する文脈上の、あるいは個人間の解釈の差や余地がほとんどなく、明らかに快あるいは不快を引き出す強度の刺激とは異なり、一概に快・不快という枠組みでは説明できないと考えられる。実際に、事後アンケートの結果をみると、たとえば写真12（渋谷駅前）では、「空をずっと見ていた」「人ごみよりも店の看板をよく見て、どこだろうと考えていた」など同じ写真でも視対象が異なることがわかる。しかしながら、景観の特性によっては共通の捉え方が存在する可能性は考えられ、その点に関して次節(2)においてSD法の結果をもとに考察を進める。

また別の理由としては、景観を認識することに伴って引き出される様々な記憶の影響が挙げられる。特に、本研究では画像提示時間を12秒に設定しており、そこには短期情動のみならず論理的思考や理性的判断等を含む可

能性が高い。例えば、写真7（鴨川）などがもっとも示唆的であり、このことについては後述する。

以上の理由は、血流データにおいて「二双性」が非常に多く見られた要因としても考えられ、今後、この血流データにおける時系列的変化の傾向や、視線の注視傾向などと合わせて、この「二双性」のパターンについて分析を深めていく必要があると考えられる。

(2) SD法の結果と脳血流データとの関係

3つの因子および5つのクラスターと脳血流データおよび実験中の「快/不快」の回答との関係を見る。

a) 「快/不快」の回答と各クラスターとの関係

まず、「快/不快」の回答と各クラスターとの関係について見ると、「快」の回答数が16以上の写真は写真1～11であり、これらはすべてクラスターI, II, IIIのいずれかに属していることがわかる（表-1）。すなわち、これら3つのクラスターに属する写真に対する回答の傾向は「快」寄りであり、逆にクラスターIV, Vは「不快」寄りであると言える。

クラスターI, II, IIIに属する写真への「快」の回答数はいずれも16以上であることから、これらのクラスターに属する写真に対する快・不快の評価は、相当程度安定していることがわかる。他方、クラスターIV, Vに属する写真への回答は、上述のとおり「不快」が全般的には多いものの、クラスター内での評価のばらつきが大きい。特に、これはクラスターVにおいて顕著である。例えば、写真17では14の「快」の回答数があつたのに対して、写真18に対する「快」の回答数は、わずかに2に過ぎない（表-1）。

上述の全般的な傾向に対する要因については、次節(3)において考察する。

b) 脳血流データと各クラスターとの関係

全体的に多く検出された「二双性」のデータの持つ意味をどのように解釈するべきかによって、とらえ方は大きく変わってくる。この点の検証は今後の研究課題となるが、その上で、脳血流データと各クラスターとの関係について見る。

クラスターIIにおいて「快反応」を示したデータ数の平均は98と高く、クラスターIV, Vでは反対に「快反応」の平均がそれぞれ7,73と低い傾向にあることが分かる。また、「二双性」が検出されたデータ数の平均では、クラスターIIで12と高くなっている（表-1）。

もう少し細かく写真ごとに見てみると、脳血流データにおいて「快反応」を強く示した写真は、クラスターIの写真2, 3, 4（データ数12）、クラスターIIIの写真10（同10）、クラスターVの写真20（同12）であつた。逆に「不快反応」を強く示した写真はほとんどなく、多くてもクラスターIVの写真16（データ数6）、クラスターV

の写真17 (同6) であった。「二双性」については、10人以上の脳血流データにおいて「二双性」を示した写真が、クラスターIの写真5, 6, クラスターIIの写真7, 8, クラスターIIIの写真9, クラスターIVの写真13, 14, クラスターVの写真18, 19と、どのクラスターにおいても満遍なく「二双性」が現れている点は興味深い(表-1)。

「二双性」の要因については、先にも述べた通り、景観構成要素の多様性と文脈上の解釈の多様性、記憶の想起など様々な要因が考えられるが、この「二双性」はクラスターの分類とはまた異なる何らかの理由によって生じていることから、それとは別の因子間の複雑な相互作用や景観認識・評価の生理的構造(SD法で示されるような情緒の意味作用とは別の、例えば、景観刺激により引き起こされる触覚的知覚の喚起などの景観認識プロセスにおける生理作用)が、その要因として示唆されていると考えられる。

c) 「快／不快」の回答と因子との関係

クラスターIからIVの因子得点をみると、第1因子「居住性」はどのクラスターにおいてもその絶対値が比較的高い値を示しており、この第1因子はクラスターIからIIIにおいては正の値、クラスターIV, Vでは負の値を示した(表-3)。これは、本節a)で述べた「快／不快」の回答結果とよく対応している。より細かく見ても、正の値で最も高い因子得点を示したクラスターIIIは「快」の評価が最も多く(全員が「快」と回答)、一方、負の値で最も低い因子得点を示したクラスターIVも「不快」の評価が全般的には多い。したがって、クラスター間を全般的に見ると、第1因子「居住性」が最も強く「快／不快」の回答の傾向に影響を与えていると言える。

先述のように、「居住性」はSD法における普遍的な主要3因子「評価性」「力量性」「活動性」のうち、総合的な評価の意味合いをもつ「評価性」因子に関係すると考えられ、結果は妥当といえる。また、人が暮らす上で居心地のよさやこころの安らぎを感じられるような環境の特性(居住性)を示す因子が無意識的に重要視され、快・不快に大きな影響を与えていることは、納得のいく結果といえる。

次に、クラスターごとに因子との関係を見る(表-3)。

クラスターI, IIでは、第1因子から第3因子はいずれも正の値を示した。クラスターIでは、第2因子の「時間性」(0.949)が最も高い値を、クラスターIIでは第3因子の「触知性」(1.376)、次に第1因子の「居住性」(1.052)が高い値を示した。

クラスターIは、「時間性」優位の評価で、自然的景観(写真2)や歴史的な雰囲気を感じる景観(写真1, 3, 4, 5, 6)が、基本的にこのクラスターに該当する。なお、いずれの写真においても、「きれいな」「整然とした」「美しい」といった評価尺度は、SD法の回答において

プラスの側に評価されており、例えば写真2のような自然優位の景観においても当てはまる。したがって、こうした言葉に含意される意味として、自然的景観や歴史的景観であっても、単に圧倒的な自然の景観とか単に古いということではなく、「手入りの行き届いた」といったある種の社会性、作法的感覚がそこに含まれていることが示唆されていると考えられる。その意味で、第2因子の「時間性」とは、単なる時間の経過というよりは、その中の永続性とか持続性といった意味合いを含んだものと解釈できる。

クラスターIIの写真7, 8は、一見景観的には大きくその特性が異なるように見受けられる。実際、いくつかの評価尺度において差は見られるが、第3因子の「触知性」に関わるSD法の「暖かい」「やわらかい」「親しみやすい」などの評価尺度でほぼ同じ高い値を示した。「賑やかさ」の評価はクラスターIIに限らず全般的に見て、写真内に人が写り込んでいるかどうか大きく影響されていると考えられ、第3因子「触知性」に関する「空間に参入した際の肌に馴染む感覚、包まれる感覚」との前章の解釈とは異質と解される(共通性の数値もやや低い)。クラスターIIでは、第1因子「居住性」に関わる尺度も高い値を示したが、SD法では特に「整然とした」の評価尺度に差が認められた。この点は写真における印象から素直に納得できる。また、「開放的な」の尺度の評価にも差は認められたものの、いずれの写真でもプラスに(開放的と)評価されていた点は、ここでの「開放的な」の意味が、単なる空間の開放性・閉鎖性ではなく、アップルトンの「眺望-隠れ家理論」(refuge-prospect theory)に見られるような空間特性(写真8)を含み、あるいは、第3因子「触知性」における「暖かい」「やわらかい」といった雰囲気の影響していることも考えられる。

クラスターIIIでは、第2因子「時間性」が負の値(-1.016)で最も大きな絶対値を示し、第1因子「居住性」が正、第3因子「触知性」は負の値であった。クラスターIIIに分類された写真9, 10, 11はいずれも都会的あるいは人工的な景観であり、尺度2の「時間性」によるものと考えるのが妥当である。評価尺度に対しては、第1因子「居住性」に関するSD法の「整然とした」「きれいな」「美しい」といった評価尺度の評点が高く、これが「快」の評価の高さに影響していると考えられる。つまり、クラスターIにおける第2因子「時間性」の影響はここでは逆の相関として現れているが、都会的・人工的であっても自然的・歴史的な場所であっても、第1因子「居住性」の評価が高ければ「快」と評価されることを示している。しかし、第3因子「触知性」は負の値を示しており、「暖かい」「やわらかい」「親しみのある」といった評価尺度については負の相関を持つ。この点が、

同じ「快」の評価であっても、都会的あるいは人工的な景観と自然的あるいは歴史的な景観との違いであると考えられる。つまり、都会的あるいは人工的な景観においては、皮膚感覚的な「肌に馴染む感覚、包まれる感覚」といった「触知性」よりは、第1因子「居住性」に関する外部環境（物理的環境）の、すなわち色や形の整然さ、きれいさ、美しさや、第2因子「時間性」の新しさ、洗練さといった点が評価されていると考えられる。なお、写真11に対するSD法での尺度評価については、工学系被験者と医学系被験者とで最も大きな違いが現れた。この点は、景観に対する見方の違いが影響していることが考えられ、注目に値する。工学系被験者は景観工学を専門の研究領域とする学生が多く、写真11のような景観は「悪い事例」として取り上げられる典型例であり、こうした見方が評価に影響していることは十分に考えられる。ただし、「快・不快」の回答において「不快」とした被験者は全体でも4名のみであり、また景観系の被験者と医学系の被験者の血流データにおいて明確な差異が認められなかったため、このSD結果の違いは景観に対する直観的な評価というよりはむしろ論理的な評価だと考えられる。

クラスターIVは、いずれの因子も負の値を示し、特に第1因子「居住性」(-0.959)、第2因子「時間性」(-0.876)において大きな相関を示した。また、このクラスターは、「不快」の回答が最も多かったクラスターである。第1因子「居住性」に関しては、景観構成要素が多く「雑然とした」（「整然とした」の対語）という尺度の影響が共通した点である。「きれいな」には評価のばらつきがある。また「開放的な」にもばらつきがあり、同じ「雑然とした」景観でもどちらかといえば「開放的な」景観である写真12などは「快」と、逆に開放的ではない写真15、16などは「不快」と評価されている。また、第2因子「時間性」に関しては、この因子得点が低いほど、すなわち「洗練された」（「素朴な」の対語）、「新しい」（「古びた」の対語）といった評価尺度の評点が高い写真ほど、第1因子「居住性」の因子得点が高くなる傾向にある。写真の共通点は、「雑然とした」「人工的な」、やや「賑やかな」場所の景観であるが、「開放的な」度合いが低く、且つ「人工的な」景観でありながらやや「古びた」印象の景観が、「不快」と判断されると考えられる。写真15、16がこれに該当する。また、この「不快」の回答が多かった写真15、16は道路幅員が狭く、DH（幅員 / 沿道建物高さ）比が小さな空間で、「開放的な」の尺度が空間のスケール感と関係づけられて評価されている可能性がある。

クラスターVは、第1因子、第3因子が負、第2因子が正の値となり、第1因子「居住性」(-0.777)と第3因子「触知性」(-0.581)が相対的に高い相関を示した。これはどち

らかとえば「快」の回答が多かったものの、快・不快の評価が大きくわかれたクラスターである。「不快」との回答が多かった景観は、「雑然とした」「閉鎖的な」「人工的な」の評価尺度との相関が比較的高いものの、クラスター全体での景観の特徴はやはり捉えにくい。

d) 脳血流データと因子の関係

先述のとおり、脳血流データにおける快・不快反応や二双性と、「快／不快」評価との関係、SD法における評価や因子との関係は複雑で、明確な傾向やその論拠を見いだして考察を加えることは困難であった。この点について論理的に十分な考察をおこなうためには、SD法における評価尺度（形容詞対）が快・不快の評価とどのような関係を有しているかに関する分析（例えば、重回帰分析など）や、二双性のより詳細なパターン分析等による脳血流データの時系列的な傾向の把握が必要だと考えられる。また、提示された景観画像の空間・景観・場所の全体像や意味（景観に対する自分の立ち位置、空間スケール、全体の文脈、要素や要素間の意味等）をどの程度の時間で認識し理解することができるかによっても、大きな違いが現れると考えられる。これは、スライド実験とSD法による実験における写真提示法の違いや写真の撮影方法（撮影時の視点場、視線入射角（仰角、俯角）、ズームの有無等）によっても左右される。本研究ではこれらについて実施することができなかった。

以上を断った上で、いくつかの点について仮説的に考察しておきたい。

脳血流データと因子との関係では、クラスターIが一般的に見て「快反応」が安定的であり、本研究で抽出した「居住性」「時間性」「触知性」がともに高い因子得点を持つものであった。それでも多くの「二双性」を含んでいるが、「快」の回答の多さとの対応関係とあわせて考えても安定していると考えられる。景観に関する快・不快の情動では、「居住性」「時間性」「触知性」の3つの因子が総合的に高い値である場合に、脳活動的にも「快」の生体反応が生じることは、仮説的にはあるものの、そのように考えることは可能である。しかし、それ以外については、明確な関係性を認めることは困難であった。

次に脳血流データと「快／不快」評価との関係をもう一度見直してみたい。

まず、脳血流データにおいて「快反応」を多く示した（「快反応」が10名以上の）写真2,3,4,10,20のうち、写真2,3,4は上記のクラスターIIに分類され、評価や血流データとの関係は上述のとおり比較的安定的であった。写真10はクラスターIIIに属し、「快」の評価も多く、比較的安定的といえる。しかし、クラスターVに属する写真20は、血流データを見ると「快反応」が多いものの、「快／不快」評価においては「不快」との回答が圧倒的

に多く、両結果が互いに整合していない。この結果について、全くの私見ではあるが、一見同様の特性を持ち、同じく「不快」の回答が圧倒的であった写真15, 16 (クラスターIV) と比較すると、写真20の脳血流データが「快反応」を示したことは納得できるものではある。しかし、その根拠は本研究では明らかにはできなかった。写真2, 3, 4, 10, 20の共通点としては、空間骨格による軸線、あるいは動線が比較的明瞭で誘目性が高く、写真のなかの空間への被験者の(擬似的な)参加を促すような環境のアフォード性、「アフォードダンス」が高い点が挙げられるが、写真15, 16などもその意味では同様の特性を持つため、それが決定要因ではないことは明らかである。空間のスケール感(DHなど)の認知の有無も影響している可能性があり、この点からすれば、皮膚感覚的な「肌に馴染む感覚、包まれる感覚」といった第3因子「触知性」とそれに関係している可能性のある第1因子「居住性」の「解放的な-閉鎖的な」といった尺度も影響していることが考えられる。

「快/不快」回答において「快」(不快)と回答しながら、脳血流データでは「不快反応」(快反応)を示し、両者が整合しない結果が多かったもの、あるいはスライド実験後の「快・不快」11段階評価において「どちらともいえない」(0点)と回答したり、脳血流データにおいて快・不快の反応が全く現れなかったデータが多かったのは、たとえば写真12, 14, 15, 16, 17, 20等である。いずれも現代的・人工的な景観画像であり、写真12, 14, 15, 16はクラスターIVに属し、快・不快評価ではばらつきがあるものの「不快」が優位だったものである。また、クラスターVに属する写真18は、脳血流データにおいて「快反応」を示したデータ数は4のみであったが、この4人の被験者はいずれも快・不快評価では「不快」と回答しており、両者の結果は矛盾していた。写真15, 16, 20については前述のとおりである。

写真17は、クラスターVに属するものの、写真の特性の判断が困難な上、因子得点においても他の写真とはやや異質な位置づけにあり、その要因の仮説的な考察も困難であった。

この矛盾には、複雑な要素による景観の構成、その評価に係る因子の相互作用等が複雑に関係していると考えられるが、一つの手がかりとして、先述のように、提示された画像内の空間への身体的参加を促すような「アフォードダンス」(環境のアフォード性)、皮膚感覚的な「肌に馴染む感覚、包まれる感覚」といった第3因子「触知性」、これらと関係する「解放的な-閉鎖的な」空間特性、空間への参加を促す存在、すなわち「代理自我」としての人物の写真への写り込み等は、今後の研究を進める上での重要なキーワードになるかもしれない。

ここでは、以上のことを仮説的に示唆するととどめて

おくこととする。

ここでの考察の最後に、脳血流データにおける「二双性」についても触れておく。「二双性」が強く観察された(20のデータのうち半分以上の10以上で観察された)のは、写真5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 18, 19であった。これらは先に若干触れたが、写真の撮影方法に他と異なるところがある。立位における通常の人間の自然な視線の方向は俯角 10° 程度とされ、この近辺の俯角で撮影することが実体験により近い形で実験が行えることから望ましいと考えられる。しかし、写真7, 9, 13はかなり見上げる形で撮影された写真である。実験中は頭を動かさないように被験者に注意を促して実験を行ったことから、この写真を見る際に身体感覚的な違和感を感じた可能性がある。実際に、実験後のアンケートにおけるコメントでこのことを指摘した被験者があった。また、視点場が通常の大地上の視点ではなく上空にあって不明確なものとして写真9, 14, 18, 19がある。また、写真5, 8は、視点場が水上にあるような印象を与えている。写真6は他の写真と異なり、室内から撮影した写真である。こうした撮影条件、特に撮影時の視点場の在処の判断が、写真の空間や景観を擬似的に体験しようとする際の被験者の「身体定位」に影響を与えている可能性は、十分に考えられる。ただし、繰り返し述べているように、「二双性」の要因としては様々なことが考えられるため、ここでは先と同様に、仮説的に示唆するととどめておく。

(3) 特異な写真についての考察

以下、各クラスター内の写真のうち脳血流データが特異であったものを取り上げ、考察をおこなう。

a) 写真5の「二双性」(クラスターI)

クラスターIは前述のとおり、「快」の回答数が16以上と評価が安定しており、「快反応」の平均は9.8と高かった。これに対し写真5では、「快」の回答数は17と安定しており、因子得点においてもクラスターIの他の写真と明確な差は認められなかったが、「快反応」を示したデータ数は6と低く、「二双性」を示すデータ数10と写真2, 4などより高い。この原因のひとつとして、先に挙げた「身体定位」の可能性が挙げられる。前述のとおり、写真5は視点場が水上にあるような印象を与え、景観を認識する上での身体の置き所が不明確である。これにより、クラスターIの他の写真、たとえば写真4のような街路上からの写真の場合に比べ、「二双性」が高くなった可能性がある。

b) 写真12と写真13との脳血流データにおける相違(クラスターIV)

2つの写真はともに渋谷を写したものであるが、既述したように写真13はかなり見上げて撮影されており、写真はほぼ空と看板で構成されている。これに対し写真12

は渋谷の地上の様子を撮影したものである。因子得点では第2因子「時間性」に符号の違いがあるものの(写真12: 0.086384 写真13: -0.18598), SD法の結果を見ると第2因子に高く寄与する「古びた」「歴史的な」など4つの形容詞の評価はほぼ同じである。つまりSD法の結果から得られる印象は類似していると言える。これに比して脳血流データを見ると, 写真12では「快反応」が9, 「二双性」が9, 写真13では「快反応」が4, 「二双性」が13と「二双性」が高くなっていることがわかる。

この結果より, 頭を動かしてはいけない状態で空を見上げて撮影された写真を眺める際の身体感覚的な違和感(不一致)が「快反応」あるいは「二双性」の多寡に関わっている可能性がある。

c) 写真7の二双性(クラスターII)

写真7(鴨川)は全被験者が実験中および事後アンケートで「快」と答えているにも関わらず, 脳血流データにおける「快反応」を示したデータ数は全20枚の写真の中で最も低い3である。クラスター分析結果のデンドログラムでは, クラスターIIは「快反応」を高く示すクラスターIと比較的早期の段階で結合する。つまり3つの因子得点の傾向が両クラスター間で類似している。このことと先述した内容を鑑みると, 血流データが類似する可能性は考えられる。

このような特異性を示す写真7の「快反応」を示す数が低くなる理由として, 本章(1)で述べたように, 景観を認識することに伴って引き出される様々な記憶の影響が考えられる。写真7は鴨川の写真であり, 被験者は皆京都の大学に通う学生である。そのため, ほとんどの被験者がこの場所を知っていた。また, 「よく散歩するので, そのことを思い出しました」「ジョギングするときよく通る」などの記述が見られ, 他の写真に比べ自身の体験にもとづいた記憶が多いことがうかがえる。

つまり, その場所を知っているかどうか, さらに言うと自分の体験や行動がありありと想像できるかどうかかが景観の認識に影響しており, その結果が脳血流における「二双性」に表れた可能性がある。

5. 結論

(1) 結論

本研究では, 景観認識および評価の構造の一端を明らかにするため, NIRS を用いたスライド実験をおこない, 景観に対する「快/不快」の評価, 脳血流データ, SD法による主観評価の各々の関係について分析し, 考察をおこなった。以下に本研究で得られた成果を述べる。

脳血流データにおいて, 快のみが検出される「快反応」, 不快のみが検出される「不快反応」と被験者が回

答している「快/不快」とが一致しているものの他に, 両者が一致しないものや画像提示中に快・不快がともに検出される「二双性」を示すものが見られた。

景観に対する快・不快の情動においては, 「快/不快」の回答では, 因子分析により得られた第1因子「居住性」がその全般的傾向に最も強く影響を与え, 脳血流データでは, 3つの因子「居住性」「時間性」「触知性」が総合的に高い場合に, 「快反応」が生じることが示唆された。

また「二双性」に関しては, 今回おこなったクラスターの分類, つまり3つの因子「居住性」「時間性」「触知性」とは異なる理由によって生じていると考えられた。その幾つかの要因として, 過去の体験に起因する様々な記憶の影響, 写真の構図による身体感覚的な違和感, 視点場位置による「身体定位」の可能性が挙げられた。

(2) 今後の課題

はじめに, 実験段階の課題として, 眼球運動計測をおこなわず, NIRS のみによる実験をおこなったことが挙げられる。被験者の視線情報が得られなかったため, 各被験者がどこ, なにを見ているのか, そこから血流の変化がどのように起こるのかについて分析を深めることができなかった。この問題は技術的な側面を含んでおり, 機器によってはアイマークレコーダで使用される近赤外光と NIRS でのそれが干渉し, 計測が困難になるのである。今後, こうした技術的課題をクリアしつつ, 眼球運動(注視点の移動)との関係について分析の必要がある。写真の選定方法に関しては, 本研究では写真の画角等を合わせられなかったことは無論, 実験以前に写真を分類し, 写真に含まれる要素や情報を限定できなかったことが課題であろう。写真分類の方法としては, フラクタル解析を用いた写真の物理的特性によって分類する方法や白黒・グレースケールの写真など色を操作する方法などが考えられるが, いずれにせよ今後は事前に写真分類をおこない, その指標にもとづいて分析を進めていくことも考慮する必要がある。また, 被験者の属性に関しては, 本研究では医学系・土木系(景観系)という枠組でのみ分析をおこなったが, 当然, 被験者の生まれ育った環境あるいは好み(都市が好きか, 田舎が好きか等)によっても血流は変化し得る。この点は, 今後深めていきたい。

次に, 本研究をさらに深めていく上での課題として, 重回帰分析等を用いて, SD 法の評価尺度が快・不快の評価とどのような関係を有しているかについて分析すること, 「二双性」をより詳細にパターン分析し脳血流データの時系列的な傾向を把握することが挙げられる。また, 今回の分析では先の研究仮説で述べた, 画像提示開始から6秒以降の認知活動の起こり得る区間においても血流データを6秒以前と同等に扱い, その2区間の差異

についてはまったく触れられなかった。この点は「二重性」の反応パターンとも併せて考えていくべきだと考えている。これに関連して、実験段階での課題ではあるが、画像提示時間については改めて検討する必要はある。その他、チャンネル 5, 6, 16 の 3 つ以外のチャンネルの動向を見る、血流データの勾配について考慮された検出基準で再度分析をおこなう等課題は多々あるが、ひとつずつ進めていきたい。

本研究では、大脳前頭前野(prefrontal cortex)の外側部の脳血流変化を NIRS を用いて測定し、景観評価との対応関係を分析する手法を用いた。今後は、提示した画像の情報(対象属性, 空間属性等)と賦活される種々の脳領域との対応関係をより詳細に分析し、景観の知覚・認知から認識・評価に至る機構を探り、我々が景観と関わる時の関わり方やその意味の理解に繋げていきたいと考えている。そのために、景観画像を見た際の大脳の他の賦活領域(視覚野, 運動野, 体性感覚野, 各種感覚連合野等)との関係を実験的により詳細に分析すること、MRI(核磁気共鳴法:magnetic resonance imaging)等を用い

て辺縁系の情動反応を含めた脳の深部, 内側・腹側領域の賦活状況との関係を実験的に厳密化していくことも視野に入れ、研究を深めていきたい。

参考文献

- 1) 菊池進一ほか: 生体信号計測による景観評価因子の抽出, *KEIO SFC JOURNAL* Vol.8 No.1, 2008.
- 2) Yoko Hoshi, Jinghua Huang et al.: Recognition of Human Emotions from Cerebral Blood Flow Changes in the Frontal Region: A Study with Event-Related Near Infrared Spectroscopy, *Journal of Neuroimaging* 21(2), e94-101, 2011.
- 3) 福田正人: 精神疾患とNIRS, 中山書店, 2008.
- 4) 赤池弘次: 生体のゆらぎとリズム, 講談社サイエンティフィック, 1997.
- 5) 精山明敏ほか: マルチモダル計測によるヒト脳機能の解明, *IEICE technical report*, 2008.
- 6) 日本建築学会編: 調査のデザイン, オーム社, 2011.
- 7) 宗方淳ほか: SD法に関する基礎的研究, 日本建築学会学術講演梗概集, pp487-488, 1992.
- 8) 日本建築学会編: 環境心理調査手法入門, 技報堂出版, 2000.