

生体信号計測装置による景観評価因子の抽出*

Landscape Evaluation by Measurements of Biological Signals*

菊地進一**・福田亮子**・築島亮次**・古谷知之***・富田勝**・石崎俊**

By Shinichi KIKUCHI**・Ryoko FUKUDA**・Ryoji YANASHIMA**・Tomoyuki FURUTANI***・

Masaru TOMITA**・Shun ISHIZAKI**

1. はじめに

景観法が施行されたことで、各地方自治体でどのように実態に則した景観形成基準を構築していくかを定める根拠が必要となってきた。たとえば京都市は京都市眺望景観創生条例に基づき、比較的強い規制で京都の歴史的な眺望景観の保全を行っていくことを定めたが、それが人々にどのような影響を及ぼしたり、何故ひいてはどの地域の活性化につながったりするのかは未知数なままである。景観の保全には建物の高さの統一性、形態意匠、色彩、屋外広告物（看板や照明）などを規制することで全体のバランスを保つことが多い。この他にも電柱・電線や放置自転車なども規制されることがある一方、街路樹や夜景への考察が少ないといった問題点も指摘されている¹⁾。

これらの説明変数は市民に対して強い拘束力をもつにも関わらず歴史的な背景から確立されてきたものがほとんどであり、実際に我々が受ける印象にどのように影響するかを人間科学的な視点から定量的に分析した研究は多くない。このような事情からどの変数が最も重要で、どのような組み合わせにおいて景観保全が現実的に有効であるのかを定める科学的な資料を集めることが急務となっている。

従来、景観評価の総合評価の尺度として、「好ましい—好ましくない」「調和している—調和していない」などの形容詞対が用いられてきた²⁾。これらは審美性のような非常に曖昧な主観量を含んだ作業となる。被験者は判断の難しい問いに対して実際に生じた思考を、毎回必ずしも言葉や数値によって表現できるわけではないことから、景観評価の研究には主観評価と生体計測データとの併用が重要であると考えられる。

これまでも脳波計（Electroencephalography,

EEG）を用いて景観画像を見たときの α 波成分の変化や各種スペクトル変化を抽出してきた研究など^{3)–6)}は古くからあるものの、電気的なノイズが混入するおそれがあることに加え、空間解像度の低さから全頭的な活性変化を抽出するにとどまっている。また、皿電極やキャップが心身に与える計測ストレスは感性情報処理を取り扱う上で好ましくない。そこで我々は近赤外線分光法

（Near Infrared Spectrometry, NIRS）を脳機能計測装置として用いることを提案する。

これまでにNIRSを用いて感情的な画像を視覚刺激として与えた際の変化をEEGの結果と比較した研究が行われており、中立画像と比較して正の感情を励起する刺激画像では視覚野の脳血流が上昇し、負のものでは反対に低下することが報告されている⁷⁾。また形状認識画像における外側後頭葉での上昇⁸⁾や運動錯視画像でのMT/V5野での上昇⁹⁾なども確認されている。

また我々に類似の試みとして、景観画像を見た際の眼球運動を計測することによって被験者の注視対象を特定し、主観評価項目との対応付けを検討しようとする研究も行われている^{10)–11)}。これらは景観評価に定量的な生理データを対応づけることが可能な解析手法である。

本研究では人間の景観認知メカニズムに基づいた景観評価因子の抽出を行うために、主観評価に加えて脳血流と眼球運動をあわせた生体信号計測を併用することを提案する。本実験の結果、自然景観、景観規制に沿った都市景観、そうでない都市景観、都市の夜景の4群全てに対して有意差が認められた。また各群間で注視対象および脳機能活性部位が異なる結果が得られ、都市の基本的な景観認知モデルが示唆された。

2. 実験方法

NIRS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を計測する技術である¹²⁾。脳波計と比べて2cm程度と空間解像度が高く、脳血流の変化からどの部位が活性化したかを捉える装置である。EEGや核磁気共鳴装置（Magnetic Resonance, MR）と比べて拘束性が低いので自然な状態での計測が可能で

*キーワード：景観、都市計画、イメージ分析

**非会員、慶應義塾大学環境情報学部環境情報学科

（神奈川県藤沢市遠藤5322、TEL0466-47-5099

E-mail: kikuchi@sfc.keio.ac.jp）

***会員、慶應義塾大学総合政策学部総合政策学科

あり感性評価に適している。またEEGにおける電氣的な干渉の問題も生じないことから、刺激画像を提示する我々の研究目的に合致している。

景観認知には序論で述べたような説明変数だけでなく、通行人の数やそれまでの感情的な記憶など多様な情報に依存することから、計測すべき特徴量をあらかじめ決めることができない。これが客観的な景観評価を困難にしている一因と考えられる。そこで我々は計測時間中にどのような因子に注視がなされていたかを調べるために眼球運動の計測を行った。

本研究で使用する眼球運動計測装置Tobii2150 (Tobii社製) はディスプレイ下部より照射される赤外線により眼球運動を検出するもので装具が必要なく、NIRSとの同時計測が可能である特徴をもつ。またNIRSにおいても、EEGと違い電氣的な干渉にも強いいため、眼球運動を同時計測することができるという特徴がある。

実験は事前に被験者にインフォームドコンセントを行い、2回に分けて行った。最初の実験は、パイロットスタディーとして都市景観(東京都区部の商業地域)と自然景観(沖縄県の海岸)の景観認知に生理的な差が観察されるかを調べた(実験1)。その結果をうけて次により類似した刺激画像、すなわち景観規制に沿った都市景観(海外の市街地)、そうでない都市景観(新宿駅周辺の商業地域)、都市の夜景(不特定都市の商業地域)の3群の計測を行った(実験2)。

実験1では健常者男女27名(年齢 29.6 ± 9.3 歳、男性13名・女性14名)に対して、日立メディコ社製ETG4000の3×11プローブセットを用いて前頭葉を計測した。プローブの計測位置は図-1の通りである。ディスプレイ上の景観画像を眺める課題15秒、閉眼安静45秒を交互に5回行うシーケンスを設定した。画像は1枚あたり3秒提示し、自然景観と都市景観を分けて計測を行った。また実験終了後、眼球運動の計測を行った。

実験2では健常者男女47名(年齢 24.4 ± 6.7 歳、男性26名・女性21名)に対して、3×5プローブセットを左右に用いて前頭葉と後頭葉を2回に分けて計測した。前頭葉の計測位置は正中線上の部分を除いて実験1と同じである(図2)。規制に沿っていない都市景観もしくは都市の夜景の画像を眺める課題30秒、規制に沿った都市景観の画像を眺める安静課題30秒を交互に6回行うシーケンスを設定した。画像は1枚あたり5秒提示し、同一のシーケンス内で計測を行った。刺激画像の選定にあたっては視線解析をあらかじめ行い、実験1で得られた知見も参考に傾向の近い画像を抽出した。実験2では脳血流と眼球運動を同時計測し、終了後に主観評価調査を行った。評価因子は「多彩な—単調な」「調和した—不調和な」「美しい—醜い」「広い—狭い」「快適な—不快な」を用い、7段階評価で行った。

3. 実験結果

(1) 脳機能計測

図-1に自然景観における脳血流分布を示す。とくに両側の下前頭回・上側頭回付近に有意な上昇がみられた($p < 0.01$)。左側は言語野であるブローカ野周辺であるが、右側でも上昇しており何らかの高次認知を行っているものと考えられる。また上前頭回の眼窩部付近にも上昇が認められる($p < 0.01$)。時間変化は観察されなかった。

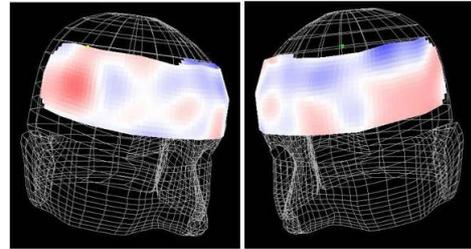


図-1 自然景観を見た際の脳血流変化(赤が都市景観に比べて上昇、青が低下した領域を示す)

図-2に規制に沿っていない都市景観と都市の夜景における脳血流分布を示す。前頭葉においては、左側の中前頭回、中心前回、下前頭回の境界付近に局所的な有位差がみられた。昼景では低下しているのに対して、夜景では上昇している($p < 0.01$)。夜景においては全体的に脳血流が低下しているにも関わらず、この部位のみ上昇がみられることから、高次の景観認知メカニズムに重要な部位であることが示唆される。後頭葉においては、昼景で形や色の認知に重要な一次視覚野から側頭葉へ至る腹側視覚経路に沿った上昇がみられる($p < 0.01$)。これは前述の中前頭回へと繋がる経路である。一方、夜景ではそのような変化はなかった。

(2) 眼球運動計測

実際に景観画像をどのように捉えていたかを視線解析と主観評価を用いて調べた。実験1から自然景観では、全体を捉える見方や水平線・海岸線に沿った動き、奥行き方向への動きなどがみられた(図-3A)。

実験2から規制に沿った都市景観では、看板や通行人などにも視線は向けられていたものの、注視点は奥行き方向の消失点に集中していた(図3-B)。さらに消失点から空の方へ向かう視線も検出された。

これに対し規制に沿っていない都市景観では、消失点が存在するにもかかわらず手前にある看板や人物に視線が集中し、奥行き方向には視線が向けられていなかった(図-3C)。特に文字の大きい、正面にある、他の看板と接していない看板や、近い距離で正対している通

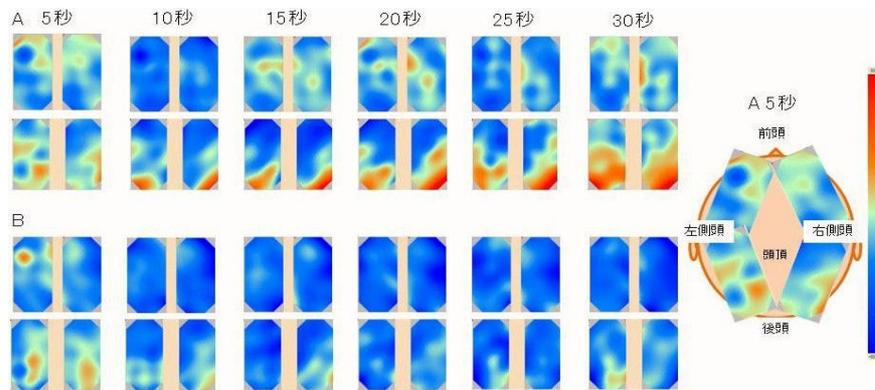


図-2 規制に沿っていない都市景観 (A) と都市の夜景 (B) を見た際の5秒ごとの脳血流変化

行人の顔が注視されていた。

夜景については遠近方向のラインや消失点が判別しづらく、視対象となるべきものも照明やネオンサインなどに限られていることから、昼景と同じく看板や通行人の顔に視線が集中していた (図3-D)。ただしネオンサインでなくても字の判別できる看板には視線が向けられていた。

(3) 主観評価

図-4に各群6枚の提示画像に対する評価因子ごとの平均得点を示す。規制に沿った都市景観では「多彩な」以外の評価が全般的に高かった。規制に沿っていない都市景観では、評価は中立的でばらつきも少なく、特徴的な傾向はなかった。夜景では評価の低い画像が1枚、「単調な」とされたものが1枚あり、評価に多少のばらつきがあった。

表-1に評価因子間の相関係数を示す。都市の昼景においては、「快適な」と「美しい」の間でやや相関がみられた。逆相関した因子は無かった。夜景においては、「広い」と「調和した」でやや相関が、「多彩な」と「快適な」でやや逆相関がみられた。「快適な」と「美しい」には相関はみられなかった。これらの結果から、都市の昼景と夜景では主観評価をするときに異なる認知メカニズムを用いていることが予想される。

4. 考察

認知脳科学の分野において棄却域が0.01であるような実験課題はあまり多くないことから、都市の景観評価は脳血流や眼球運動による定量的な指標で解析できることが示された。特に昼景の認知では対象の把握に関連した活性がみられるのに対し、夜景では局所的に高次認知機能が働いていることが推測された。また注視対象であった通行人の顔や看板については、顔認知、言語認知、色認知などの従来からよく研究されている課題の対象であり、これらの知見と比較する必要がある。

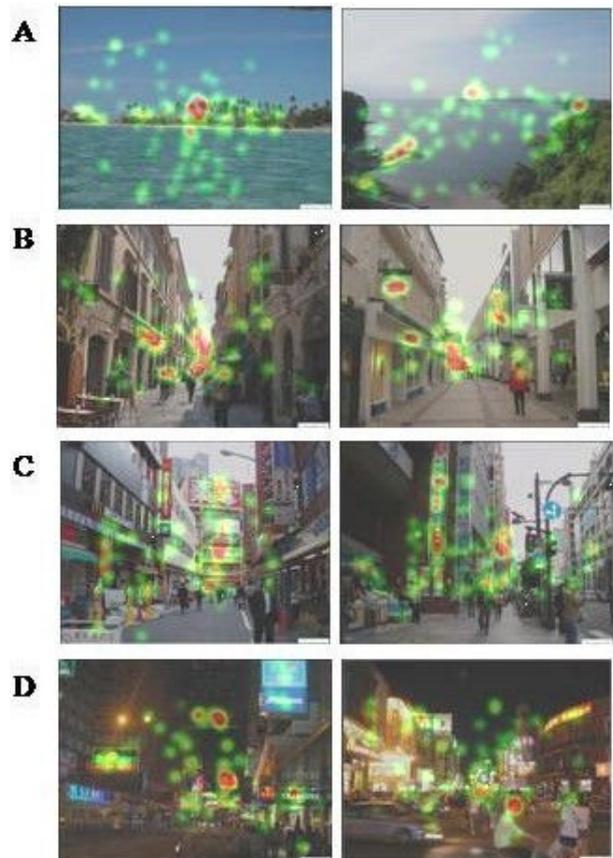


図-3 景観画像に対する注視時間のヒートマップ (A: 自然景観、B: 規制に沿った都市景観、C: 規制に沿っていない都市景観、D: 都市の夜景)

今回の脳血流と眼球運動との同時計測では、左側の中前頭回の一部で計測に何らかの干渉を起こし、その部分に小さいノイズが混入するケースがあった。今後この点を解決する必要がある。またNIRSでの実験は脳血流の変化に時間遅れがあることに加え、誤差を低減するために6枚1組として計測しているため、1枚ごとの主観評価や眼球運動の結果との対応づけは今後の課題である。

提示する画像が目的をどの程度反映しているかで賦活量が異なる⁷⁾ことから、都市の中でもより代表的な景観を用いる必要がある。これには都市景観のカテゴリー

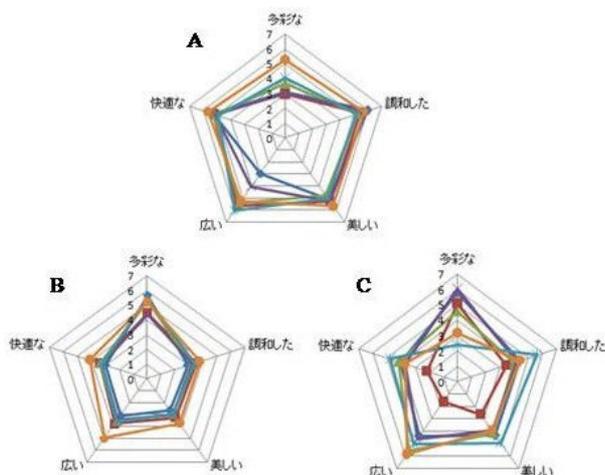


図-4 各群の6枚の画像に対する主観評価 (A: 規制に沿った都市景観、B: 規制に沿っていない都市景観、C: 都市の夜景)

表-1 主観評価の因子間の相関 (上: 規制に沿っていない都市景観、下: 都市の夜景)

	調和した	美しい	広い	快適な
多彩な	-0.19	-0.17	-0.10	-0.11
調和した		0.52	0.32	0.52
美しい			0.49	0.62
広い				0.54

	調和した	美しい	広い	快適な
多彩な	0.56	0.21	0.42	-0.70
調和した		0.40	0.68	-0.44
美しい			0.52	-0.23
広い				-0.44

を看板、色彩、スカイライン、誘目性、天空率などに細かく分けて画像を用意することで、より具体的な景観認知メカニズムに近づけるものと考えている。また同じ景観であっても、生体信号を用いて景観認知の個人差の検出やクラスタリングが可能か調べる必要がある。

5. おわりに

主観評価による景観評価に加え、脳機能および眼球運動の生体計測装置による客観的な定量指標の適用可能性を提案した。

本研究の結果から都市の景観認知において、遠近法による視空間認知の後に空を見上げる基本的な流れがあり、それを誘目性の高い通行人の顔や色彩の強い看板、スカイラインを複雑化させる建築物、天空率を変化させる対面の建築物が阻害するというモデルが示唆された。

今後はこれらの解析によって得られた因子を通して、主観評価、脳機能、眼球運動の3つの計測法を統一的に

記述するような評価軸をみつけることで、客観的な景観指標の構築や生体に与える影響の理解へとつなげていきたい。特に注視対象が景観評価という高次認知にどのような影響を与えているのかに着目したいと考えている。

謝辞

本研究は森泰吉郎記念研究振興基金および安藤記念奨学財団の助成を受けて行われた。

参考文献

- 1) 大影佳史ほか：画像分析による夕刻の光景変化の特徴把握—光景画像の明暗・色彩および輪郭情報の時系列変化, 総合論文誌, Vol.3, pp.96-101, 2005.
- 2) 山本一馬ほか：東広島市域における地域住民の景観選好特性に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, Vol.587, pp.53-61, 2005.
- 3) Ulrich RS : Natural versus urban scenes: some psychophysiological effects, Environ Behav, Vol.13, pp.523-556, 1981.
- 4) 和田尚之ほか：α波・β波を用いた都市景観の自己組織化臨界状態解析, 日本計算工学会論文集, 20020020, 2002.
- 5) 安藤昭ほか：被験者の景観に対する感受性を考慮した街路景観の評価について, 土木学会論文集, Vol.737, pp.133-146, 2003.
- 6) 大谷一郎ほか：草地景観の静止画とビデオ画像による呈示の脳波反応の比較, 日本草地学会誌, Vol.48, pp.522-525, 2003.
- 7) Herrmann MJ et al. : Enhancement of activity of the primary visual cortex during processing of emotional stimuli as measured with event-related functional near-infrared spectroscopy and event-related potentials, Hum Brain Mapp, Vol.29, pp.28-35, 2008.
- 8) Maehara G et al. : Changes in hemoglobin concentration in the lateral occipital regions during shape recognition: a near-infrared spectroscopy study, J Biomed Opt, 12, 062109, 2007.
- 9) Hashimoto T et al. : Motion illusion activates the visual motion area of the brain: a near-infrared spectroscopy (NIRS) study, Brain Res, Vol.1077, pp.116-122, 2006.
- 10) 古谷勝則ほか：森林景観とアメニティー—自然景観を評価する—, 森林科学, Vol.16, pp.18-21, 1996.
- 11) 横田幹朗ほか：眼球運動特性からみた眺望景観評価に関する研究, 総合論文誌, Vol.3, pp.84-90, 2005.
- 12) Hoshi Y et al. : Detection of dynamic changes in cerebral oxygenation coupled to neural function during mental work in man, Neurosci Lett, Vol.150, pp.5-8, 1993.