

生体反応とCVMを用いた緑環境の不快感に関する定量的評価

Evaluation of Unpleasant Green Environment Based on Biological Reaction and Contingent Valuation Method

都市人間環境学専攻 智田 義隆

Civil, Human and Environmental Science and Engineering Course / Yoshitaka CHIDA

Key Words : green environment, cerebral blood flow, heart rate, CVM

1. はじめに

森林や公園など緑地は癒しやリラックス効果をもたらすものとして整備やその評価が行われていた。評価については近年、生体反応の分析が多く行われてきた。例えば、小崎ら¹⁾は森林環境において血圧の低下、迷走神経の亢進、唾液中コルチゾール濃度の低下を、細野ら²⁾は高速道路休憩施設の植栽を眺めた際に脳前頭前野の活動亢進、眼球運動の停留点増加をそれぞれ報告し、植栽のリフレッシュ効果やリラックス効果があることを明らかにしている。

また、緑環境の価値を貨幣換算して定量的に評価する方法として仮想評価法 (Contingent Valuation Method : 以下、CVMと示す) がある。これは価格のついていない財・サービスについて、仮想的な市場を設定し、それに対して支払ってもよい金額 (Willingness To Pay : 以下、WTPと示す) を直接尋ねるものである。名倉ら³⁾は都市緑地の維持管理費について一世帯当たり月2,401円のWTP、庄子⁴⁾は自然公園の管理費について協力金として平均1,761円のWTPがあることを示した。

これらこれまで評価されてきた緑は、そのほとんどが手入れがなされている環境である。その一方で、手入れがなされていない緑環境も数多く存在する。例として、空き家や空き地、放置林などの緑が挙げられる。これらは防犯防災上の不安の増幅や地域イメージの低下といった問題が生じ、人が不快と感じる可能性がある。しかし、これら手入れのされていない緑の不快感に着目して生体反応を評価したり、その反応とWTPとの関係を分析した研究は筆者の知る限りない。

そこで、本研究では、手入れのされていない緑として、空き家と放置林を対象に、これらの画像を提示し、被験者の生体反応およびWTPについて調査するとともに生体反応とWTPの関係について分析を行うことを目的とする。

2. 仮説

「手入れされていない緑を見たとき、脳血流は減少、心拍数は上昇する」「生体反応の変化の有無とWTPは

相関する」の2つを仮説とする。まず、脳血流については、柳澤ら⁵⁾の先行研究より、不快画像の提示でoxy-Hbが低下したという報告がされている。また浅野ら⁶⁾の先行研究より不快画像提示時に不快感などの情動を掌る扁桃体の活動が亢進し、計測部位である前頭前野の脳血流が減少するという報告がされている。心拍数については、本多ら⁷⁾の先行研究より、快・中性画像提示時と比べて不快画像提示時の心拍数は低い水準で推移するという報告がされている。これらの先行研究と同様の変化が発生すると考えた。また柳澤ら⁵⁾の先行研究より、生体反応の特徴と主観評価の特徴に同様の傾向が見られると報告されており、本研究においても生体反応に変化が見られた被験者のWTPが高くなると考えた。

3. 方法

本研究では、被験者に対して「手入れされている緑」と「手入れされていない緑」の2種類の画像を提示し、その際の生体反応の計測と、CVMアンケートを行う。

(1) 生体反応

本研究では、脳血流と心拍数という2つの生体情報を用いる。脳血流計測は近赤外分光法という手法を用いる。本研究では、Hot-2000 (NeU社製) を使用する。一方、心拍の計測には、M430 (Polar Japan社製) を使用する。左右脳血流、体動 (3軸回りの角速度) については0.1s単位で、心拍についてのデータは1s単位で記録される。

(2) データのスクリーニング

本研究では緑の画像を提示した際の生体反応の反応を確認することを目的としているため、画像提示前後の安静時で脳血流および心拍数が安定していないデータは除外する。除外するデータの基準は、表-1のとおりである。

(3) データの加算平均と標準誤差による分析

スクリーニング後、「手入れされている緑」と「手入れされていない緑」について、左右脳血流と心拍数のデータ各59名分の加算平均と標準誤差を求め、県知恵を含めた傾向の評価を行う。

表-1 スクリーニングの基準

①大きな変動が無いこと ・画像提示時から30秒前までの間に、心拍数は ± 5 bpm、脳血流においては ± 0.5 mm・Mm以上の変化があるもの ・画像提示時から30秒前までの間に、安静時の $\pm 1.645\sigma$ の範囲から外れている箇所があるもの
②トレンドが無いこと ・画像提示時から30秒前までの間に、連続して上昇あるいは減少している箇所があるもの

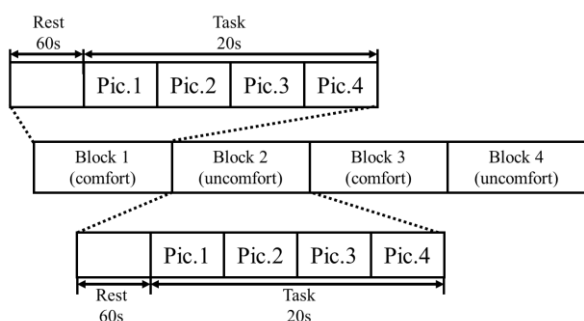


図-1 実験フロー

4. 実験プロトコル

(1) 実験環境

画像提示のディスプレイはSHARP PN-U553（画面サイズ：縦1080×横1980）である。被験者はディスプレイから2.5m離れた位置で画面を注視するよう指示した。

(2) 生体反応計測

実験協力者の頭部に脳血流計、利き手の反対の腕に心拍計を装着し、画像の提示を行った。

レストが60s、画像提示が1枚5sを4枚の20sを1ブロックとし、4ブロックを交互に提示した（図-1）。なお順序効果を考慮するため、「手入れされている緑」と「手入れされていない緑」の順番を被験者を半分ずつ入れ替えて提示した。

(3) CVM質問項目

空き家の緑と放置林の各設問において、現状と仮想的状況（被験者の身の回りに手入れされていない緑がある状況）の説明をした上で、WTP、空き家の場合、周辺環境（①「家から5分圏内にある」、②「家から10分圏内にある」、③「家の近所にはない」）、森林の場合、経験（①「知っているし、見たこともある」、②「知っているが見たことはない」、③「知らないし見たこともない」）の設問を設けた。また個人特性の設問として、年齢、性別、年収、生活のゆとり、居住地の設問を設けた。

(4) 提示画像

本研究で提示する画像として、「手入れされている緑」と「手入れされていない緑」の2種類を提示する。「手入れされていない緑」の画像は実写の画像、「手



図-2 空き家の例

（左：手入れされている緑 右：手入れされていない緑）



図-3 森林の例

（左：手入れされている緑 右：手入れされていない緑）

入れされている緑」の画像は「手入れされていない緑」の画像をもとにsketchupとtwinmotionを用いて作成したCG画像である。これは、画像中の緑以外の要因（住宅、天候等）によって評価に影響が及ばないように配慮したためである。図-2, 3に、提示画像の例を示す。

5. データ

20代から80代の学生、社会人、高齢者それぞれ男女10名ずつの計60名とした。本研究の実施においては、大学の倫理審査に従って計画を策定し、実験協力者への事前の説明と参加の合意を受け、実験を行った。なお実験当日に80代の被験者1名が欠席となったため、実際に計測、分析を行ったのは59人である。

実験は2022年11月14日から12月14日までの期間に、10時から16時の間に実施した。

6. 結果

(1) スクリーニング

取得したデータの数は、左右脳血流と心拍数それぞれ実験協力者59人×手入れの有無2種類×空き家と森林の2種類の計236個で、そのうち左右脳血流は約2割の計85個、心拍数は約3~4割の82個のデータが除外された。分析においては、左脳血流が196、右脳血流が191、心拍数が154データを用いた。

(2) 画像提示による生体反応の変化

はじめに空き家と森林の2種類、また左右脳血流と心拍数について、画像提示前30秒と画像提示中20秒の推移を図-4に示す。まず左右脳血流については、空き家と森林両方で、「手入れされている緑」と「手入れされていない緑」両方で減少する傾向が見られた。一方、心

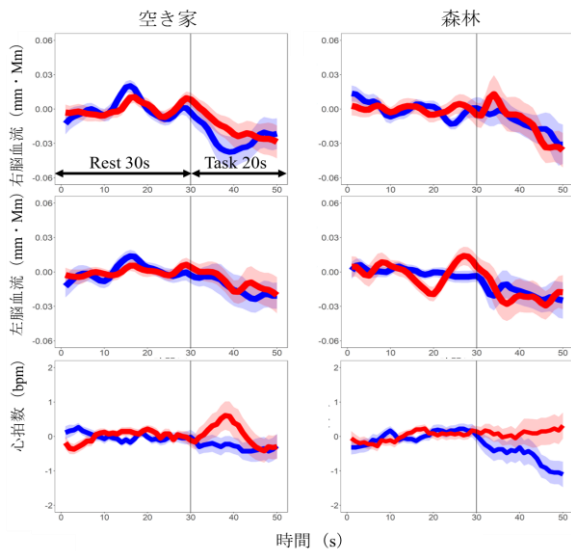


図4 画像提示時の生体反応の変化
(赤：手入れ有 青：手入れ無 図5-7も共通)

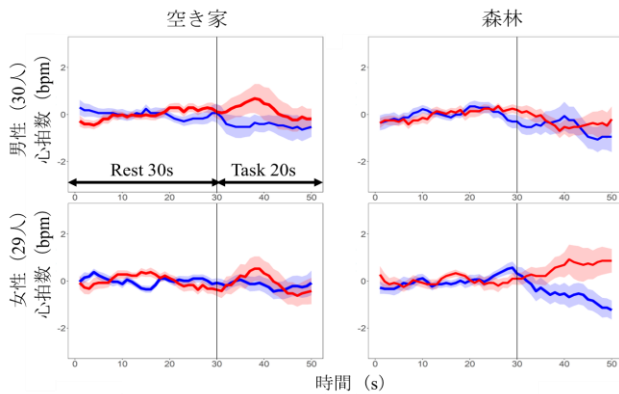


図5 性別の心拍数の変化

拍数については、空き家においては「手入れされている緑」では変化がなく、「手入れされていない緑」で上昇し、森林においては「手入れされている緑」で低下し、「手入れされていない緑」では変化がないといった傾向が見られた。

心拍数に明確な差がみられたことから、以下、心拍数に着目し、性別、提示順序等による違いを示す。

(3) 性別の影響

男女別の心拍数の推移を図-5に示す。男性においては、空き家の「手入れされていない緑」で上昇、女性においては、森林の「手入れされている緑」で低下、「手入れされていない緑」で上昇といった傾向が見られた。

(4) 画像の提示順序の影響

画像の提示順序別による心拍数の推移を図-6に示す。空き家においては「手入れされていない緑」を先、「手入れされている緑」を後に提示した場合、「手入れされていない緑」で上昇、森林においては「手入れされている緑」を先、「手入れされていない緑」を後に提示した場合、「手入れされている緑」で低下といった傾向が見られた。

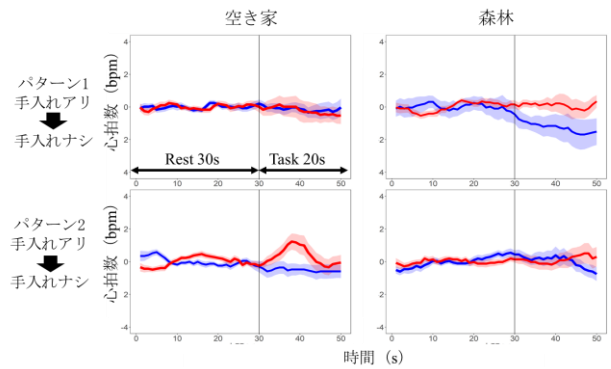


図6 提示順序別の心拍数の変化

表-2 空き家画像提示時の検定結果

	手入れされている緑			手入れされていない緑			p値
	N	M	SD	N	M	SD	
被験者全体	39	-0.30	1.58	18	2.07	2.64	0.0023 **
性別							
男性	17	-0.53	1.65	9	3.04	1.90	0.0005 ***
女性	22	-0.12	1.51	9	1.10	2.91	0.2840
提示順序別							
グループ1	22	-0.12	1.48	10	1.74	3.06	0.1103
グループ2	17	-0.53	1.53	8	2.48	1.56	0.0038 **

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

表-3 森林画像提示時の検定結果

	手入れされている緑			手入れされていない緑			p値
	N	M	SD	N	M	SD	
被験者全体	17	-1.69	1.52	35	0.03	1.62	0.0009 ***
性別							
男性	8	-1.83	1.29	18	-0.47	1.19	0.0336 *
女性	9	-1.56	1.69	17	0.57	1.82	0.0112 *
提示順序別							
グループ1	10	-1.92	1.68	16	0.22	1.44	0.0038 **
グループ2	7	-1.36	1.93	19	-0.12	1.65	0.1053

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

(5) 心拍数の変化の検定

空き家と森林両方で手入れの有無で心拍数の反応に差異が見られたため、t検定を用いてその差異が有意であるかどうかを評価する。

被験者全体において、空き家と森林両方で有意差が確認された(空き家：p<0.01 森林：p<0.001)。またその他傾向が見られた性別や提示順序別においても有意差が確認された。これらの結果より、手入れの有無で心拍が有意に変化する傾向が見られることが分かった。

(6) 生体反応と支払意思額の関係

空き家においては、手入れされていない緑で上昇といった傾向が、森林においては、手入れされている緑で低下といった傾向が見られた。それぞれグループ1「反応アリ」、グループ2「反応ナシ」、グループ3「計測不可」の3グループに分類し、グループごとのWTPを算出、評価した。縦軸をWTP、横軸を収入、プロットの色をグループ別、プロットサイズを年齢別にした回帰分析の結果を図-8に示す。空き家の手入れについては平均729円(標準偏差479円)、放置林の手入れについては平均950円(標準偏差438円)というWTPが得られたが、グループ別、収入別のWTPに有意差はなく、生体反応とWTPに係り性は見られなかった。

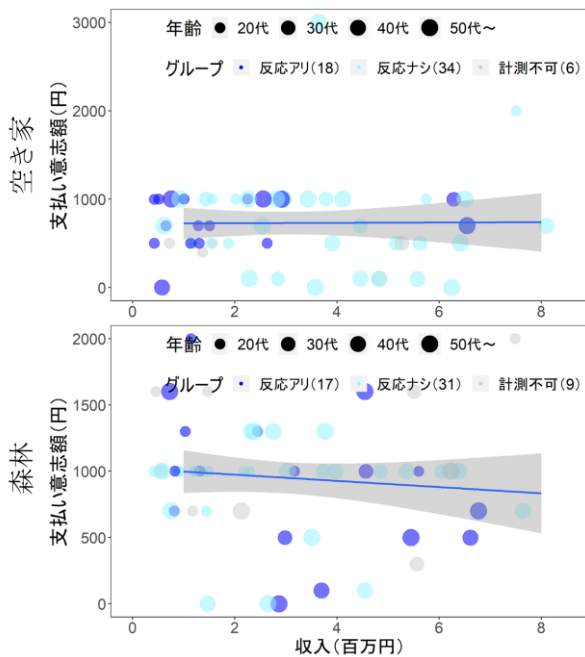


図-8 WTPと収入の回帰分析（上：空き家，下：森林）

7. 考察

・空き家においては「手入れされていない緑」で心拍数が上昇，森林においては「手入れされている緑」で心拍数が低下するという対照的な関係が見られた。これはイメージのしやすさが関係している可能性がある。放置林の緑はイメージがわからない，また手入れされている空き家は普通の住宅との区別がつかず生体反応が見られなかったのではないかと考える。

・性別で生体反応に差が生じた。Taylor⁸⁾は，ストレスに対して男性は攻撃的に，女性は養育行動が現れると，辻裏ら⁹⁾は森林映像提示時に女性の主観的な反応が豊かであったと報告している。本研究においても，手入れされていない空き家の緑を見た際に男性はストレスを感じ，手入れされている森林を見た際に女性は心地よさやリラックス感を感じた可能性がある。

・提示順序別で生体反応に差が生じた。上記の傾向について，空き家と森林両方で，「先に」提示した場合に反応が顕著であった。空き家の場合は，一番目に見た画像が草木が生い茂る空き家の画像であり不快度が大きいこと，森林の場合は，先に提示した2枚の空き家画像よりも緑の割合が多く快反応が生じたと考えられる。

・生体反応とWTPには関係が見られなかった。サンプル数が少ないことや，サンプルの居住地が関東に限られていたことなどから，この妥当性は今後の課題であるが，WTPの意思決定は生体反応とは別のメカニズムで決定されている可能性がある。

8. おわりに

本研究では生体反応（脳血流と心拍数）とCVMを用いて手入れされていない緑環境の不快感の評価を行った。得られた知見は以下の通りである。

- ・空き家においては「手入れされていない緑」で心拍数が上昇，森林においては「手入れされている緑」で心拍数が低下する傾向が見られた。これらは男女また年齢で異なる可能性がある。

- ・手入れされていない緑の不快感を心拍数で評価できる可能性がある。

- ・生体反応の変化の有無とCVMのWTPに関係性は見られなかった。

今後の課題として，提示画像の改善が挙げられる。本研究の提示画像はCG画像を含み，CGが生体反応に影響を与えた可能性もある。また，緑の視覚以外（音や臭いなど）の刺激による評価も必要である。

謝辞：本稿の執筆にあたり，大倉典子先生（芝浦工業大学）から多くの貴重なコメントを頂いた。また，提示画像の作成にあたり，佐藤太一様（株式会社佐久）からアドバイスを頂いた。また，実験にあたり，本学の学生，シルバー人材センター，アスマークに協力をいただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 小崎智照，石橋圭太，堀之内和彦，野口朱里，橋富加奈，安河内朗：森林浴が生理反応へ与える影響，日本生気象学会雑誌，44巻，4号，pp105-110，2007
- 2) 細野哲央，佐藤将，若林美之，松本脩：高速道路休憩施設におけるアプローチ広場の植栽がもつ生理・心理的効果，ランドスケープ研究（オンライン論文集），10巻，pp31-36，2017.
- 3) 名倉あさ美，中野冠：都市緑地の社会的価値評価，慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント学，第183号，2014
- 4) 庄子康：自然公園管理に対するCVM（仮想的市場評価法）を用いたアプローチ，ランドスケープ研究，62巻，5号，1998
- 5) 柳澤一機，綱島均，平野亮典，山本修一：NIRSによる視覚刺激提示時の快・不快情動の評価，ヒューマンインターフェース学会論文誌，Vol.17，No.3，2015
- 6) 浅野裕俊，引重暁，井出秀人：機能的近赤外分光法を用いた快-不快音聴取時の脳活動評価：電気学会，電子・情報・システム部門，Vol.131，No.1，pp.70-75，2011
- 7) 本多麻子，山崎勝男：感情喚起の文脈操作が主観的評価と心拍数に及ぼす影響，白鷗大学教育学部論集，2008，2(1)，87-101
- 8) Taylor, S.E. : The tending instinct: how nurturing is essential to who we are and how we live, Henry Holt and Company, New York, 2002
- 9) 辻裏佳子，豊田久美子，：森林映像の心身反応に関する基礎的検証—男女比較による検討—，日衛誌，68，175-188，2013