■ 研究論文

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

Physiological and Psychological Effects of Trees at Spaces of a Highway-Rest-Area

細野 哲央* 佐藤 将** 若林 美之*** 松本 脩****

Tetsuo HOSONO Sho SATO Yoshiyuki WAKABA YASHI Nao MATSUMOTO

Abstract : This research was aimed at analyzing functions of trees at spaces of highway-rest-areas. The experiment was conducted at Sayama Parking Area, Sayama, Saitama prefecture in Japan. 20 students participated in this study to measure their physiological and psychological responses to 8 different scenes of shops and parking lot with large trees approximately 440cm in height, middle trees, approximately 180cm in height, shrubs approximately 70cm in height or no planting. During the exposure time of eye movements, heart rate and heart-rate-variability were recorded as well as near-infrared spectroscopy were used to measure the brain activity. The participants were asked to describe their impressions by the semantic differential questionnaire. The results showed that middle trees had effects that attract participant's eyes on trees and increase the cerebral activity in the association area and so on. Participants felt scenes with middle trees comfortable, vigorous and so on. These results suggested middle trees brought participants into a refreshed state. The cerebral activity of participants looking at parking lot with large trees was sedated in the association area and so on as well as participants felt comfortable, calm, secure and so on. These results suggested large trees brought participants into a relaxed state.

Keywords : Eye movement, heart rate, heart-rate-variability, semantic differential method, cerebral blood volume

キーワード : 眼球運動, 心拍, 心拍変動性, SD 法, 脳血流動態

1. はじめに

自動車の長時間運転は、身体の拘束や振動による負荷、様々な危険に対する予測と反応行動が継続的に伴い、運転者に肉体的・精神的疲労をもたらす。高速道路の運転は運転者への負荷がさらに大きくなるため、事業自動車の運転者は連続運転時間が2時間を超える場合は次の休憩施設（パーキングエリア：PA、サービスエリア：SA）で休息を取り、疲労による交通事故の発生を予防することが国土交通省自動車局の基準¹⁾で求められている。

PA, SA においては休憩のための施設として園地が設けられている。その緑地空間については、これまでに多田ら²⁾が運転疲労回復に与える効果を、岩崎ら³⁾がストレス緩和に与える効果を定量的に報告している。しかし、園地の計画・設計は多くの場合、商業施設やお手洗いなどの建築物の配置後に実施されることもあり、野口ら⁴⁾から駐車場から視認できないなどの状況が指摘されている。結果として、存在が知られずほとんどの休憩施設利用者に利用されていないという末永ら⁵⁾の報告もある。

これに対して、建築物前のアプローチ広場は休憩や移動のために多くの休憩施設利用者に利用される施設である。アプローチ広場は、建築物へのアプローチのしやすさが重視されて造成される場合が多いため、平坦で変化の少ない人工的な雰囲気のある空間となる傾向がある。植栽に関しても、商業施設への視認性が妨げられないようにボリュームを抑えることが求められる傾向にある。しかし、中村ら⁶⁾や浅海ら⁷⁾による研究などのように、わずかな数量の植物であっても人の緊張感や視覚疲労を和らげることが報告されていることからすれば、アプローチ広場における植栽にも、その存在や一定のボリュームの確保によって利用者の休憩効果を高める効果が期待される。そこで、本研究では、先行研究のほとんど見当たらない高速道路休憩施設のアプローチ広場における植栽について、植栽の存在や大きさの違いによる生理・心理的効果を検証することを目的とした。

2. 研究の方法

(1) 実験地

多田ら⁸⁾や Igarashi ら⁹⁾などは、実物の植物とディスプレイ画像の植物とでは、奥行などの情報や臨場感の有無などの理由から生理・心理的効果が異なると指摘している。室内実験では様々な環境条件を制御することができるが、実物の人や車両が往来し実際に利用されているパーキングエリアの中で実物の植物を用いた実験を実施することは意義が大きいと考えられる。ただし、脳血流動態、眼球運動の測定には近赤外線が利用されるため、太陽光に含まれる近赤外線による干渉を受ける。そこで、予備実験における検討を踏まえたうえで、実験は露天ではなく、近赤外線を反射するフィルムを張った 300cm × 300cm のタープテント内で実施した。対象景観は、近赤外線が透過しない特殊フィルムを貼った透明アクリル板（縦 65cm, 横 110cm）をタープの北側面および東側面に設置し、そこから臨めるようにした。

実験地は、実験参加者がアクセスしやすく実験機材を搬入しやすい立地であること、平日の日中における混雑が少ないこと、PA 内での実験の許可を得られることを条件に選定し、東京外郭環状道路外回り「狭山パーキングエリア」（埼玉県狭山市笹井（大字）2363-2）に決定した。

(2) 実験対象とする景観および測定場所の位置

アプローチ広場から見える景観は、商業施設を望む場合と駐車場を望む場合とで大きく異なる。そこで、実験は、商業施設を望む場合と駐車場を望む場合について実施した。具体的には、それぞれの場合について、高木のある景観、中木のある景観、低木のある景観、植栽のない景観の 8 パターンの景観を対象とし、商業施設を望む場合と駐車場を望む場合における植栽の存在や大きさの違いによる生理・心理的効果を個別に検討した。

測定場所の位置（図-1）は、商業施設と駐車場の両方を臨むことができ、休憩施設利用者の通行を妨げずに実験を行うことができることを条件として決定した。実験対象景観と配植について

*千葉大学大学院園芸学研究科 **（公財）高速道路調査会 ***元（公財）高速道路調査会 ****済生会宇都宮病院看護専門学校

図-2に、実験材料の規格や実験参加者との位置関係については表-1および図-3に示す。

(3) 対象樹種

Kaufmanら¹⁰⁾やMohamedら¹¹⁾は、葉の色が人の生理・心理的な反応に影響を及ぼすという報告をしている。そこで、要因を樹木の有無と大きさに絞るために、葉色に大きな違いのない常緑樹のシラカシ (*Quercus myrsinifolia*)、イヌツゲ (*Ilex crenata*)、サツキツツジ (*Rhododendron indicum*) を選定した。これらは、PAにおいて緑化樹木として一般的に植栽されている樹種である。

(4) 測定項目

本研究では、SD法を心理的反応指標として環境の印象評価を行った。また、生理的反応指標として脳血流動態、眼球運動、心拍変動性および心拍数を計測した。

脳血流動態は、近赤外分光分析法 (NIRS: Near-InfraRed Spectroscopy) により測定した。NIRSは照射した近赤外線の反射率の変化から血液中の酸素化ヘモグロビン (oxyHb) 濃度および還元ヘモグロビン (deoxyHb) 濃度とこれらの和である総ヘモグロビン (totalHb) 濃度の変化を捉える方法である。酸素化ヘモグロビン濃度は、脳活動の活性化・鎮静化を反映しているとされ、脳機能計測の臨床・研究分野で多くの応用事例がみられる¹²⁾。本研究では、多チャンネル酸素モニター OMM-2001 (島津サイエンス社) を使用し、右脳の前頭葉、頭頂葉、側頭葉、後頭葉について47か所の測定を行った。

眼球運動は、人が対象を見るときにの停留と、他に視点を移す移動からなる。対象を意識的に捉えるためには眼球が0.2秒以上停留する必要があるとされる¹³⁾ことから、0.2秒以上停留する視点を停留点、一定時間内に検出された停留点の数を停留点数、それらの停留時間の合計と平均を総停留時間、平均停留時間とした。眼球運動の測定は、角膜・瞳孔反射法を利用した非拘束式型のアイマークレコーダ (EMR-9: ナックイメージテクノロジー社) を用いた。

心拍変動性は、心拍一拍ごとの変動であり、その周波数領域によって低周波数成分 VLF (0-0.05Hz)、中間周波数成分 LH (0.05-0.20Hz)、高周波数成分 HF (0.20-0.35Hz) に区分される。VLFは主として交感神経活動の影響を受け、一部副交感神経活動の影響を受けるとされ、LFは交感神経と副交感神経活動、HFは副交感神経活動の影響を受けるとされる (日本自律神経学会, 1995)¹⁴⁾。本研究では、アクティブトレーサー AC-301A (アームエレクトロニクス社) を用い、交感神経活動 (LF/HF および LF/(LF+HF))、副交感神経活動 (HF)、心拍数 (HR) を測定した。

SD法 (Semantic Differential Method) は、「好き-嫌い」などの相反する形容詞対を複数用いて対象の印象評価を行う方法で、本研究では関連する既往研究を参考に、24項目の形容詞対について7段階の評価を求めた。

(5) 実験参加者

実験参加者は、10代から30代の千葉大学の学生である。また、裸眼もしくは矯正視力 (ソフトレンズ) で0.3以上の視力があり、色覚異常のないことを参加条件とした。実験参加者の人数は、男性10名、女性10名 (合計20名) である。

(6) 実験の日時および手順

実験は平成27年6月8日から12日まで実施した。時間は、陽射しの方向など測定場所の光環境に大きな変化が出ないよう、9時から15時までに限定して実施した。実験期間中の天気は曇り時々晴れであったが、6月12日のみ午前中に一時的に弱い降雨があった。

対象景観は、商業施設を望む場合と駐車場を望む場合について、

それぞれ、高木のある景観、中木のある景観、低木のある景観、植栽のない景観とした (図-2参照)。実験参加者は、商業施設を望む景観から始めるグループと駐車場を望む景観から始めるグループに二分した。商業施設を望む景観と駐車場を望む景観の切り替えは、回転椅子に座っている実験参加者が座面を回転させて90度向きを変えることにより行った。商業施設を望む場合と駐車場を望む場合における各対象景観は、順序効果に配慮し、原則的に乱数化してランダムに提示した。ただし、実験遂行の便宜上、前の実験参加者に最後に提示した対象景観は、次の実験参加者では最初に提示するものとした。

図-1 ターフテントおよび植栽設置位置

商業施設を望む景観

駐車場を望む景観

図-2 実験対象景観と配植 (上から植栽なし、低木、中木、高木)

表-1 対象樹種の規格

樹種	樹木の規格 H:樹高 C:目通り幹周 W:枝張	本数	鉢の規格 鉢径・色:ポリプロピレン製・黒	樹形を整え、 小透かし	植栽 間隔	実験参加者との 位置関係
高木	シラカシ H=400cm C=21cm W=120cm	3	22号鉢 (直径66.4cm、高さ43cm)	樹形を整え、 小透かし	120cm	商業施設側: 530cm 駐車場側: 410cm
中木	イヌツゲ H=150cm W=50cm	6	10号鉢 (直径32cm、高さ26.5cm)	樹形を整える	60cm	商業施設側: 傾角: 6° 駐車場側: 傾角: 8°
低木	サツキツツジ H=40cm W=50cm		材質・色: ポリプロピレン製・黒	樹形を整え、 花はすべて摘む		商業施設側: 傾角: 6° 駐車場側: 傾角: 7°

実験機器は約 30 分間以内に装着・調整を行い、計測を行った。実験の所要時間は実験参加者一人あたり約 60 分間であった。実験の手順について図－4 に示す。実験参加者には、イスに座り（目線高約 120cm）、頭を動かさずに正面の対象景観を自由に見てもらい、このときの生理的な反応（脳血流動態、眼球運動、心拍変動性および心拍数）について 1 分間のデータを測定した。測定終了後、実験参加者はそのまま対象景観を座観しながら、SD 法による印象評価を実施した。印象評価終了後に対象景観の入れ替えを行い、入替後、次の対象景観を測定する前に安静時間を設けた。安静時間は、植物を座観したときの脳血流動態と眼球運動を同時測定した Mohamed ら¹¹⁾ などの既往研究を参考とし、1 分間とした。なお、安静時間中のほか、機器の装着中、景観入れ替え中は、実験参加者は開眼のままで、実験対象景観が見えないように前方に白板が提示されていた。

（7）分析及び統計処理

脳血流動態、眼球運動、心拍変動性および心拍数については一元配置分散分析（対応あり）における多重比較検定（Bonferroni）を行い、印象評価についてはクラスカル・ウォリス検定を行った。解析にはエクセル統計 2012（株式会社社会情報サービス）を使用し、統計的有意水準は、5 %未満とした。

（8）倫理的配慮

本研究は千葉大学園芸学部ヒト研究倫理審査委員会の承認を受けて実施した。実験参加者には研究趣旨と方法、研究への参加の任意性、予想される危険性及び不利益、個人情報保護等について実験開始前に口頭と書面で説明し同意を得た。

3. 結果及び考察

（1）脳血流動態

1) 商業施設側

得られた 47 チャンネルのデータから、大脳皮質の部位により担われる機能が異なるとする「脳機能局在論」¹⁵⁾ に基づき、結果を表－2 にまとめた。これらの結果について、表－3 にまとめた SD 法による印象評価の結果を手掛かりとしながら考察を行った。

「中木」は、全参加者で「なし」よりも運動野が活性化していた ($p<0.05$)。また、連合野（判断）が活性化していた ($p<0.05$)。男性では、連合野（判断）が活性化していた ($p<0.05$)。

印象評価では、「中木」は「なし」よりも「暖かい」「潤いのある」「自然な」「元気になる」「快適な」「落ち着く」と評価された。

森本ら¹⁶⁾ は、満開の桜の画像を提示したときに実験参加者の脳前頭前野の活動が亢進していたことを報告している。このような傾向は生体がストレス状態にあるときにも生じるが、著者らは主観評価の結果を考慮してわくわくした覚醒的な状態になっていたと考察している。本研究の結果についても、印象評価の結果を加味すれば、実験参加者は中木が存在することによってストレス状態ではなく、覚醒状態になったと考えられる。

「中木」は、男性で「高木」よりも連合野（判断）が活性化していた ($p<0.01$)。また、女性で「低木」よりも連合野（認知）が活性化していた ($p<0.05$)。一方で、女性の場合の連合野（判断）は「中木」よりも「低木」で活性化していた ($p<0.05$)。印象評価では、「中木」は「低木」よりも「狭い」とのみ評価され、「高木」との間には有意差がみられなかった。したがって、この結果のみからは「中木」は「低木」や「高木」に比べて実験参加者がストレス状態にあったのか覚醒状態にあったのかは判断しがたいと思われる。

なお、男性では「なし」よりも「低木」で感覚野（体性感覚）が活性化し ($p<0.1$)、「中木」よりも「高木」で感覚野（体性感覚）および運動野が活性化する傾向がみられた ($p<0.1$)。また、女性では連合野（記憶）で「高木」よりも「低木」が活性化し、連合

野（判断）および運動野では、「なし」よりも「中木」が活性化する傾向がみられた ($p<0.1$)。

SD 法による印象評価の結果では、「高木」は「なし」に対して、より「暖かい」「潤いのある」「自然な」「元気になる」「美しい」「落ち着く」「楽しい」「変化の多い」「好きな」「非凡な」「風格の

図－3 樹木と実験参加者との位置関係

図－4 実験の手順

表－2 脳血流動態の結果

（多重比較検定（Bonferroni）：* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$ ）

		商業施設側			駐車場側		
		男性参加者	全参加者	女性参加者	男性参加者	全参加者	女性参加者
感覚野	ch26 体性感覚						実測値/平均値 高木<なし *
	ch30 体性感覚						実測値/平均値 高木<なし *
運動野	ch13		実測値 なし<中木 *				
連合野	ch38 認知					実測値/平均値 低木<中木 *	
	ch40 認知			実測値/平均値 低木<中木 *			
	ch2 判断						実測値/平均値 高木<なし *
	ch6 判断	実測値 なし<中木 *		実測値 中木<低木 *			
	ch9 判断		実測値 なし<中木 *				

表－3 全被験者における SD 法の結果

（クラスカル・ウォリス検定：* : $p<0.05$, ** : $p<0.01$ ）

	商業施設側	駐車場側		商業施設側	駐車場側
雑然としたく整然とした			不安なく安心な		なし<低木 *
狭いく広い	中木<低木 **				なし<高木 **
暖いく暖かい	なし<高木 **	なし<低木 *	高樹するく落ち着く	なし<高木 *	なし<中木 **
	なし<中木 *	なし<中木 **		なし<中木 *	なし<中木 **
乾いく潤いのある	なし<低木 **	中木<低木 *	つまらない美しい	なし<高木 *	なし<低木 *
	なし<高木 **	なし<低木 *		なし<中木 *	なし<低木 **
	なし<中木 *	なし<中木 **	うっとおしくすがすがしい		なし<中木 *
人工的なく自然な	低木<高木 **	なし<低木 *	重厚なく軽快な		
	なし<高木 **	なし<低木 *	単純なく変化の多い	なし<高木 *	なし<高木 *
	なし<中木 *	なし<中木 **	不穏和なく損のとれた		
疲れるく元気になる	なし<高木 *	なし<低木 *	やぼったいく洗練された		
	なし<中木 *	なし<高木 **	騒いなく好きな	なし<高木 *	なし<高木 **
眠くなるく目がさえる		なし<中木 *	平凡なく非凡な	なし<高木 *	なし<中木 **
不快なく快適な	なし<中木 *	なし<高木 **			低木<高木 *
		なし<中木 **	暑い<涼しい		なし<中木 **
危険なく安全な					なし<中木 **
醜いく美しい	なし<高木 **	なし<高木 **	風格のないく風格のある	なし<高木 *	低木<高木 *
		なし<中木 **			なし<高木 **
			利用したくないく利用したい		なし<中木 **

ある」と評価されている。「高木」が存在することによって「なし」の環境とは多くの項目で違いが感じ取られているものの、脳血流動態を指標とした生理的な反応については有意な差は認められなかった。森本ら¹⁶⁾は、主観評価の結果は人間の生理的な状態を反映している場合が多いが、思い込みなどによって対応しない場合があることを指摘している。本結果も、生理応答と主観評価が対応しなかった例と考えられる。

2) 駐車場側

「なし」は、女性で「高木」よりも連合野（判断）および感覚野（体性感覚）が活性化していた（ $p<0.05$ ）。また、「低木」よりも連合野（判断）が活性化していた（ $p<0.05$ ）。有意差は認められないが、「低木」よりも連合野（認知）が活性化する傾向もみられた（ $p<0.1$ ）。男性では有意差が認められなかったが、「なし」は「高木」よりも感覚野（体性感覚）が活性化する傾向（ $p<0.1$ ）がみられた（ $p<0.1$ ）。

印象評価では、「高木」は「なし」に対して、より「暖かい」「潤いのある」「自然な」「元気になる」「快適な」「美しい」「安心な」「落ち着く」「楽しい」「変化の多い」「好きな」「非凡な」「涼しい」「風格のある」「利用したい」と評価されていた。また、「低木」についても、「なし」に対して、より「暖かい」「潤いのある」「自然な」「元気になる」「快適な」「安心な」「楽しい」と評価されていた。「低木」の存在でも「なし」の環境とは多くの項目で違いが感じ取られている。このことは、人工物や車両が空間構成要素のほとんどを占める広大な駐車場に対する印象がきわめて良くないことの表れと推察される。このような印象評価の結果を加味すれば、実験参加者は「なし」のときにストレス状態にあったと考えられ、「高木」や「低木」が存在することによって実験参加者への鎮静効果があったものと考えられる。

朴¹⁷⁾は、森林と都市において歩行・座観前後の前頭前野の脳血液動態を測定した結果、森林では、都市よりも前頭前野の活動が鎮静化し、生体が生理的にリラックスしていたことを報告している。本研究において植栽の存在によって生体が生理的にリラックスしていたことと一致する結果と考えられる。

「中木」は「なし」に対して、脳血流動態を指標とした生理的な反応については有意な差は認められなかった。しかし、SD法による印象評価の結果では、より「暖かい」「潤いのある」「自然な」「元気になる」「目がさえる」「快適な」「美しい」「安心な」「落ち着く」「楽しい」「好きな」「涼しい」「利用したい」と評価されている。生理応答と主観評価が対応しなかった例とも考えられるが、「なし」において実験参加者がストレス状態で脳活動が活性化していたこと、商業施設側の結果で「中木」は「なし」よりも実験参加者が覚醒状態になっていたことを加味すると、「中木」では実験参加者が覚醒状態にあり脳活動が活性化していた結果、脳血流動態に有意差がみられなかったと考えられる。

「中木」は全参加者で「低木」に対しても連合野（認知）が活性化（ $p<0.05$ ）していた。ただし、「中木」と「低木」で印象評価に有意差のあった項目は「潤いのある」のみであり、これらの結果のみで「中木」が「低木」よりも覚醒状態にあったとは判断できなかった。

なお、「高木」は、全参加者では「低木」よりも運動野が活性化する傾向がみられた（ $p<0.1$ ）。また、「なし」、「低木」、「中木」のいずれに対しても感覚野（聴覚）が活性化する傾向がみられた（ $p<0.1$ ）。また、女性では、「中木」に対して感覚野（聴覚）が活性化し（ $p<0.1$ ）、「なし」に対して運動野が活性化する傾向がみられた（ $p<0.1$ ）。このように、全体的に「高木」による運動野や感覚野（聴覚）の活性化傾向がみてとれた。ただし、男性の場合は「高木」よりも「低木」で感覚野（聴覚）が活性化する傾向がみられた（ $p<0.1$ ）。

（2）心拍変動性および心拍数（図－5）

心拍変動性および心拍数については、商業施設側、駐車場側ともに有意差は認められなかった。心拍変動性は、一般的に緑地の生理的なリラックス効果を測定する場合の感度の良い指標として知られている。しかし、フィールド実験では様々な環境条件を完全に制御することが困難であり、短時間の測定では有意差がみられないことも少なくない。例えば、朴ら¹⁸⁾は、森林と駅周辺における15分間の歩行と座観を比較し、森林でHFが有意に高い（副交感神経活動優位）時間は、歩行開始から9分目と10分目、座観開始から3分目から10分目であった。松葉ら¹⁹⁾は、大規模都市緑地と駅周辺における14分間の歩行を比較し、14分間の平均で緑地でのHFが有意に高いことを報告している。ただし、HFの経時的変化に注目すると、1分目、2分目、4分目、8分目は緑地でのHFが有意に高かったが、6分目は駅周辺でのHFが有意に高かったことを報告している。その原因として、6分目の緑地での歩行時は樹木の茂る空間を抜けて直射日光にさらされ

図－5 心拍変動性・心拍数の結果（実測値／平均値）（多重比較検定（Bonferroni）：*： $p<0.05$ ，**： $p<0.01$ ）

る状況になっていたことが挙げられている。本研究では、測定時間が1分間であったこと、実験中に随時、様々な人・車両の往来が視野に入ることが結果に影響した可能性が考えられる。

(3) 眼球運動 (図-6)

1) 商業施設側

男性の場合、有意差は認められなかったものの、「中木」では「高木」よりも停留点数が有意に多い傾向があった ($p<0.1$)。女性では有意差がみられなかった。性別によって眼球運動の結果に違いがあることは、先行する須田ら²⁰⁾の研究結果と同様の傾向を示すものといえる。

眼球運動の軌跡を分析すると、「高木」における眼球運動には、樹冠および幹に沿った縦方向の目の動きが見られた。依田ら²¹⁾は、樹冠の細長いカイズカイブキで縦長に停留点が分布するなど、樹冠の形態が停留点の分布・視点の移動に影響することを指摘している。本研究においても同様に、やや細身の卵型をしたシラカシの樹形が眼球運動に影響したものと考えられる。

「中木」における停留点の軌跡は、植栽のある範囲に水平的に分布する傾向が認められた。列植したコノテガシワに対する注視特性を調査した堀ら²²⁾は、列植の構成本数が増えると個々の樹木に対する意識が相対的に低くなり、4本列植では停留点が水平的に隣接する樹木へ順次移動する傾向があったことを報告している。本研究の結果においては、「中木」が6本並んでいたことで、先行研究の結果と同様の目の動きが生じたものと考えられる。また、「中木」では、植栽の樹冠よりも上部でも水平的な目の動きがみられた。これは、商業施設の軒部分に沿って目が動いた結果と考えられる。

「高木」においても、樹冠より下部の枝葉のない空間では水平方向の眼球運動の軌跡がみられる傾向があった。ただし、実験で用いた「高木」は実験参加者の目線の約120cmの高さにおいて枝葉がなく、実験参加者は樹木の向こう側を見通すことができる。このことから、「高木」における停留点の水平移動は、「中木」の場合とは異なり、樹木の幹の向こう側で往来する歩行者を目で追ったことが要因であると考えられる。

大山²³⁾は「反転図形」²⁴⁾では、面積が大きい領域よりも小さい領域、上から垂れ下がった形の領域よりも下から突き出た形の領域、輝度の低い領域よりも高い領域などは「図」になりやすいと整理している。このことから、景観の上部を占める形状で輝度の低い「高木」は景観の背景となり目立たず、往来する歩行者が注視された可能性が考えられる。これに対して「中木」は、商業施設や広場よりも明らかに面積が小さく下から突き出た形状であることから、景観の主対象として知覚されたと考えられる。このことと「中木」で男性参加者の停留点数が多い傾向を考え合わせると、「中木」では植栽に視線が集まり、植栽の向こう側の歩行者の往来を気にならなくする効果があったと考えることができる。

このことが、脳血流動態の反応において、「なし」に対して「中木」で有意差がみられ「高木」で有意差がみられなかった要因となった可能性がある。

2) 駐車場側

女性の場合、「中木」では「高木」よりも停留点数が有意に多く ($p<0.05$)、総停留時間が有意に長い傾向が認められた ($p<0.1$)。男性では有意差がみられなかった。藤井²⁵⁾は、街路樹のある道路では、街路樹が沿道の建物などの視覚刺激を遮蔽することによって眼球運動がゆったりと落ち着いたものになり、街路樹のない道路よりもドライバーの眼球運動の停留時間が長くなったことを報告している。本研究でも、目線の高さに枝葉のある「中木」によって車両や歩行者の往来による視覚刺激が緩和された結果、女性の総停留時間が長くなる傾向がみられた可能性があると考えられる。

眼球運動の軌跡を分析すると、商業施設側と同様の傾向が認め

られた。すなわち、「中木」で植栽のある範囲に水平的に分布する傾向が確認された。このことと、「中木」で女性の停留点数が多くなっていたことを考え合わせると、駐車場側の「中木」においても植栽に視線が集まり、植栽の向こう側の車両や歩行者の往来を気にならなくする効果があったと考えることができる。また、「高木」においても、樹木の幹の向こう側で往来する歩行者・車両を目で追ったことが原因と考えられる樹冠下部の水平方向の眼球運動の軌跡がみられた。

ただし、駐車場側では、脳血流動態の反応において「高木」は「なし」よりも連合野(判断)や感覚野(体性感覚)などが鎮静化する傾向がみられたことから、「高木」の存在によって実験参加者への鎮静効果があったものと考えられる。その原因として、実験参加者は車両の往来する危険な駐車場に直接対峙するのではなく、高木を挟んで臨むことで、Appleton²⁷⁾のProspect-Refuge Theory²⁶⁾がいうところの隠れ家から眺望する安全な居心地を感じていた可能性もある。SD法の印象評価の結果でも、「高木」は「なし」よりも「安心な」と評価されており、このことを裏付ける根拠になると思われる。なお、印象評価では「中木」と「低木」も「なし」よりも「安心な」と評価されていた。植栽の有無で「安心な」の項目に有意差が現れる傾向は商業施設側では認められなかったことから、それだけ人工物や車両が空間構成要素のほとんどを占め、車両が往来する駐車場は実験参加者にとって脅威であったと考えられる。坂巻ら²⁸⁾は、路傍植栽と歩行の関係を調査し、歩行者は、街路樹がない場合、左右方向をより多

図-6 眼球運動の結果 (実測値 / 平均値) (多重比較検定 (Bonferroni) : * : $p<0.05$)

く見る傾向がある一方、街路樹があり沿道側が生垣の場合、視線は前方ないし下方に向けられる傾向があることを報告し、下方への視線は、歩行者にとって安心して歩ける歩道であることを意味すると指摘している。また、吉牟田ら²⁹⁾は、歩道の環境要因と歩行者の通行特性を調査し、街路樹は歩行者流を車道側に引き寄せる効果があることを報告した。これら先行研究の結果は、本研究と同様に植栽の存在によって往来する車両の脅威が心理的に緩和されたためと考えることができる。

4. 結論

「中木」は、商業施設側、駐車場側ともに、植栽に視線を集め、車両や歩行者の往来を気にならなくする効果があったと考えられた。また、「中木」の存在によって生体が覚醒状態になったと考えられた。本研究では、このような「中木」にみられた視覚刺激を緩和し覚醒状態に導く効果を「リフレッシュ効果」と呼ぶものとする。「高木」や「低木」は、駐車場側において鎮静効果があったと考えられた。とくに「高木」は、往来する車両の脅威を心理的に緩和し、鎮静効果が大きいと考えられた。本研究では、このような「高木」にみられた車両の脅威を心理的に緩和し鎮静状態に導く効果を「リラックス効果」と呼ぶものとする。

以上より、アプローチ広場における植栽には「リフレッシュ効果」や「リラックス効果」が認められるものであり、利用者の休憩効果を高める機能があるものと考えられる。

今後は、高木の樹形や下枝高、季節や樹種を変えた実験を実施することによって、高速道路休憩施設のより有効な植栽手法・デザインを提案できると考えられる。心拍変動性の測定については、測定時間を延長すると実験参加者が飽きたり眠くなったりすることで結果に影響することも予想される。心拍変動性を指標とする場合の測定時間については今後の課題としたい。

謝辞：本研究は、公益財団法人高速道路調査会との共同研究「高速道路の安全・安心な走行のための植栽の生理・心理的機能に関する実証的研究」の一部として実施された。データの測定にご協力いただいた学生の皆様に深く御礼申し上げます。

補注および引用文献

- 1) 国土交通省自動車局 (2013)：高速乗合バス 交替運転者の配置基準 (解説) 第二版：国土交通省自動車局, 17pp
- 2) 多田充 (2001)：高速道路サービスエリアの緑化が運転疲労回復に与える影響 - 交通安全に寄与する緑の快適性：道路と自然 28(2), 32-34
- 3) 岩崎寛・山本聡 (2007) 高速道路路側施設における緑地空間が利用者のストレス緩和に与える効果に関する研究：日本緑化工学会誌 33(1), 255-257
- 4) 野口佳枝・桑野辰廣・安元信廣・堀繁 (2008)：利用者の「くつろぎ休憩」という視点に立った高速道路休憩施設の園地整備のあり方：景観・デザイン研究講演集 4, 60-69
- 5) 末永和也・岩崎寛 (2014)：高速道路休憩施設の緑地に対する利用者の意識と利用の現状に関する研究—市原サービスエリアを事例として：日本緑化工学会誌 40(1), 257-260
- 6) 中村隆治・藤井英二郎 (1992)：生垣とブロック塀をみたときの脳波特性の比較：造園雑誌 55(5), 139-144
- 7) 浅海英記・仁科弘重・中村博文・増井典良・橋本康 (1995)：観葉植物を見ることが VDT 作業に伴う視覚疲労に及ぼす影響：植物工場学会誌 7(3), 138-143
- 8) 多田充・金恩一・藤井英二郎 (1996)：実物およびスライド提示による森林が人間にもたらす生理・心理的効果の比較：ランドスケープ研究 59(5), 161-164
- 9) Igarashi M, Song C, Ikei H and Miyazaki Y. (2015): Effect of stimulation by foliage plant display images on prefrontal cortex activity: a comparison with stimulation using actual foliage plants, J Neuroimaging, 25(1), 127-30
- 10) Kaufman, A.J. and V.I. Lohr (2004): Does Plant Color Affect Emotional and Physiological Responses to Landscapes?: Acta Hort. 639. 229-233
- 11) Mohamed EL Sadek, Sato Sayaka, Eijiro Fujii, Eid Koriesh, Eman Moghazy and Yehia Abd El Fatah (2013): Human emotional and psycho-physiological responses to plant color stimuli: Food, Agriculture and Environment (JFAE) Online, 11(3&4), 1584-1591
- 12) 山田幸生 (2007)：近赤外分光法による脳機能計測の基礎：歴史と最近の動向, 光学 36(12), 676-685
- 13) 麦島文夫 (1969)：眼球運動：和田陽平・大山正・今井省吾 (編)：感覚・知覚ハンドブック, 誠信書房, 670-680
山内昭雄, 鮎川武二 (2001) 感覚の地図帳, 講談社, 102pp
- 14) 日本自律神経学会 (1995) 自律神経機能検査第 2 版, 文光堂, pp414
- 15) 後藤昇・後藤潤 (2001)：脳機能局在：リハビリテーション医学, 38(4), 296-302
- 16) 森本兼義・宮崎良文・平野秀樹編 (2006)：森林医学, 朝倉書店, 384pp
- 17) 朴範鎮・恒次祐子・総谷珠美・高山範理・大平辰朗・松井直之・村田秀夫・山口昌樹・安河内朗・平野秀樹・香川隆英・宮崎良文 (2004)：森林浴の生理的效果 (I) —唾液中コルチゾールならびに脳活動 (TRS) を指標として—：日本生理人類学会誌 9(2), 44-45
- 18) 朴範鎮・石井秀樹・古橋卓・李妍受・恒次祐子・森川岳・平野秀樹・香川隆英・宮崎良文 (2006)：生理指標を用いた森林浴の評価 (1) —1) HRV (心拍変動性) を指標として：日本森林学会関東支部大会発表論文集 57, 33-34
- 19) 松葉直也・李宙宮・朴範鎮・李旻宣・宋チヨロン・宮崎良文 (2011)：大規模都市緑地における歩行がもたらす生理的影響—新宿御苑における実験—：日本生理人類学会誌 16(3), 133-139
- 20) 須田歩・趙炫珠・李宙宮・藤井英二郎 (2009)：イタリアンサイプレスの対植による幾何学式庭園に対する眼球運動の変化に関する研究：ランドスケープ研究 72(5), 465-470
- 21) 依田治朗・安藤俊比古・藤井英二郎 (1991)：樹形と眼球運動の関係に関する研究：樹冠と幹の形態による比較：千葉大学園芸学部学術報告, 44, 181-190
- 22) 堀透・藤井英二郎・安藤俊比古・浅野二郎 (1985) コノテガシワとチャボヒバの単植と列植に対する注視特性の違い：造園雑誌 48(5), 193-198
- 23) 大山正 (1970)：講座 心理学 4 知覚, 東京大学出版会, 304pp
- 24) Rubin の壺などで有名な、どの部分に注目するかによって主対象である「図」と背景である「地」が逆転する図形
- 25) 藤井英二郎 (1995)：都市景観と植物：工業技術会 (編)：都市景観におけるデザインと材料, 研修社・工業技術会, 155-163
- 26) 隠れ家 (= Refuge) から眺望する (= Prospect) 安全な居心地が人類に共通する普遍的風景の原型であるとし, Refuge と Prospect の性質を象徴する事物が存在すると, 人間は風景の中に美的価値を認めるという仮説
- 27) Jay Appleton (1996): The Experience of Landscape, Wiley, 296pp
- 28) 坂巻宏紀・花沢弘次・藤井英二郎 (1991)：路傍植栽と歩行の関係 千葉海浜ニュータウン内の一般道路に付帯した歩道の場合：千葉大学園芸学部学術報告 44, 191-199
- 29) 吉牟田徹 (1987)：通行特性から見た歩道形態に関する研究：造園雑誌 51(5), 239-244

(2016.4.29 受付, 2017.1.20 受理)