

平成28年度
高速道路調査会 研究発表会



高速道路のグリーンマネジメントに関する検討
(高速道路植栽の生理・心理的機能)

公益財団法人 高速道路調査会
研究部 佐藤 将

構成

1. 研究の背景と目的
2. ドライビング・シミュレータ(DS)実験
3. 実走行実験
4. パーキングエリア(PA)実験
5. まとめ

1. 研究の背景と目的

中央分離帯の緑



路傍の緑



休憩施設の緑



インターチェンジの緑

高速道路植栽は、

✓ 生物相の保全や二酸化炭素の吸収・固定などの生物的機能，遮光や緑陰等の物理的機能，さらに視線誘導や緊張緩和などの生理・心理的機能を併せもつ。

✓ しかし，生物的機能や物理的機能については，多くの研究が行われてきているが，生理・心理的機能については基礎的なデータの蓄積は十分とはいえない。

✓ そこで，生理・心理的機能が高速道路の安全運転や疲労回復などに果たす役割を，生理的な指標を用いた実験によって定量的な解析を行った。

実験概要

① ドライビング・シミュレータ(DS)実験

様々な走行景観を再現した映像を用い、どのような心理・生理的反応が現れるかを検証

② 実走行実験

高速道路(圏央道狭山日高IC～川島IC間)を実際に走行した場合の反応を検証

③ パーキングエリア(PA)実験

舗装広場から駐車場側と建物側(商業施設)を座観する場合、樹木の変化による生理的反応を測定

■ 測定項目

脳血流動態(多チャンネル酸素モニターOMM-2001:島津サイエンス社)

血液中の酸素化ヘモグロビン(oxyHb)濃度, 還元ヘモグロビン(deoxyHb)濃度,
総ヘモグロビン(totalHb)濃度の変化

(近赤外分光分析法:NIRS:Near Infra Red Spectroscopy)

眼球運動(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)

停留点数(一定時間内に検出された停留点の数),

総停留時間(停留時間の合計), 平均停留時間(停留時間の平均)

心拍変動性(アクティブトレーサーAC-301A:アームエレクトロニクス社)

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)

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)

SD法(Semantic Differential Method)

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

24項目の形容詞対について7段階の評価を求めた。

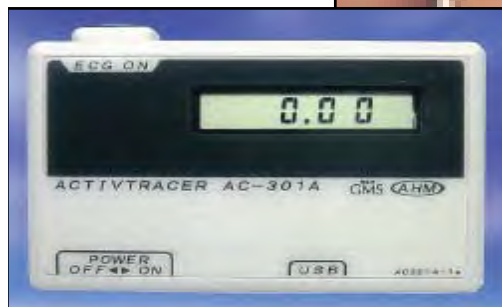
ドライビングシミュレータ



アイマークレコーダ(眼球運動)



アクティブトレーサー(心拍)



NIRS(脳血流動態)

■ 統計処理(エクセル統計2012:株式会社社会情報サービス)

脳血流動態, 眼球運動, 心拍変動性・心拍数

一元配置分散分析(対応あり)における多重比較検定(Bonferroni)

印象評価

クラスカル・ウォリス検定

統計的有意水準:

脳血流動態, 眼球運動, 心拍変動性・心拍数については10%未満

印象評価については5% 未満

■ 倫理的配慮

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
被験者に対しては, 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

2. ドライビング・シミュレータ(DS)実験

(1)DS実験概要

①実験日;平成27年2月16日～2月19日(4日間)

②調査場所;横浜市内(試験室内)

③測定項目(測定方法等);
眼球運動(アイマークレコーダ)
脳血流動態(NIRS)
心拍(アクティブトレーサー)
SD法(運転後に被験者が記入)

④被験者;20代の男女各10名,計20名

●実走行区間再現画面 実走行実験区間の走行景観を忠実に再現した画面

実走行区間再現画面



実1 路肩高木+片側音壁



実2 路肩高木



実3 路肩高木ぶつ切り



実4 路肩高木ぶつ切り



実5 壁沿い中木



実6 壁沿い中木



実7 植栽なし



実8 植栽なし



実9 壁沿い中木と実6



実10 壁沿い中木 と実5

右回り: 実1, 実2, 実4, 実6, 実7, 実9
左回り: 実3, 実5, 実8, 実10

●加工区間画面

植栽構成等を任意に
変化させた画面
(右カーブ14種類)

加工区間画面(右回り区間)



右1 植栽なし



右2 遮音壁+路肩高木



右3 遮音壁+路肩高木ぶつ切り



右4 ニュートピアリ



右5 中木



右6 低木



右7 雑草



右8 中木



右9 高木



右10 中木(花)



右11 中木(ランダム)



右12 最大緑化(高木+路肩高木+中分中木)



右13 路肩高木



右14 路肩高木ぶつ切り

路肩高木: 右1, 右2, 右3, 右13, 右14

中分植栽: 右1, 右4, 右5, 右6, 右7

壁沿い植栽: 右1, 右8, 右9, 右10, 右11, 右12

●加工区間画面

(左カーブ12種類)

加工区間画面(左回り区間)



左1 植栽なし



左2 遮音壁+路肩高木



左3 遮音壁+路肩高木ぶつ切り



左4 ニュートビアリ



左5 中木



左6 低木



左7 雑草



左8 中木



左9 高木



左10 中木(花)



左11 中木(ランダム)



左12 最大緑化(高木+路肩高木+中分中木)

路肩高木:左1, 左2, 左3

中分植栽:左1, 左4, 左5, 左6, 左7

壁沿い植栽:左1, 左8, 左9, 左10, 左11, 左12

(2)手順

実験の所要時間 約60分

実験機器装着・調整 約30分間以内

↓
DS装置 搭乗

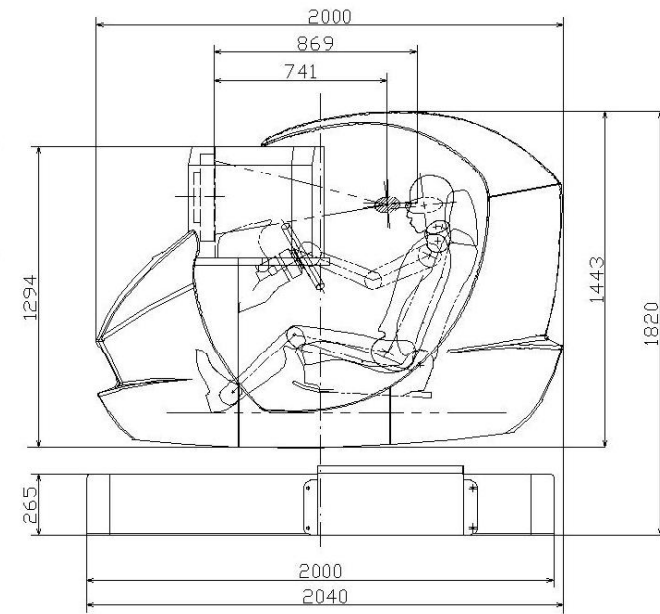
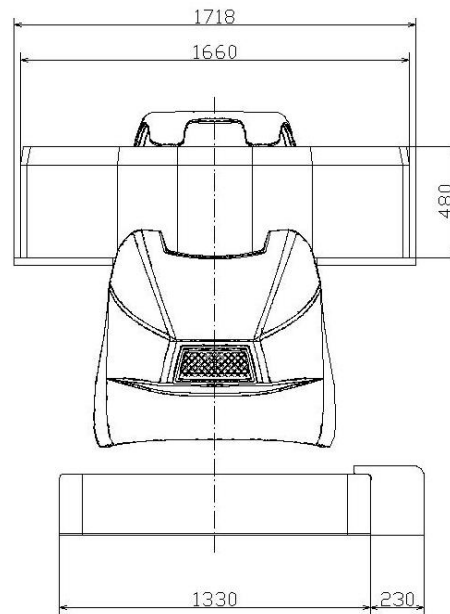
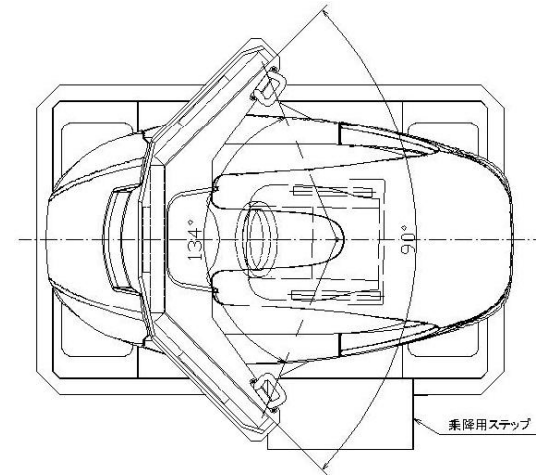
↓
計測時間 約20分間
*実験参加者は、運転中、頭は動かさない

テスト走行 約1分

↓
安静 1分

↓
データ測定 約16分間

データ測定後、印象評価

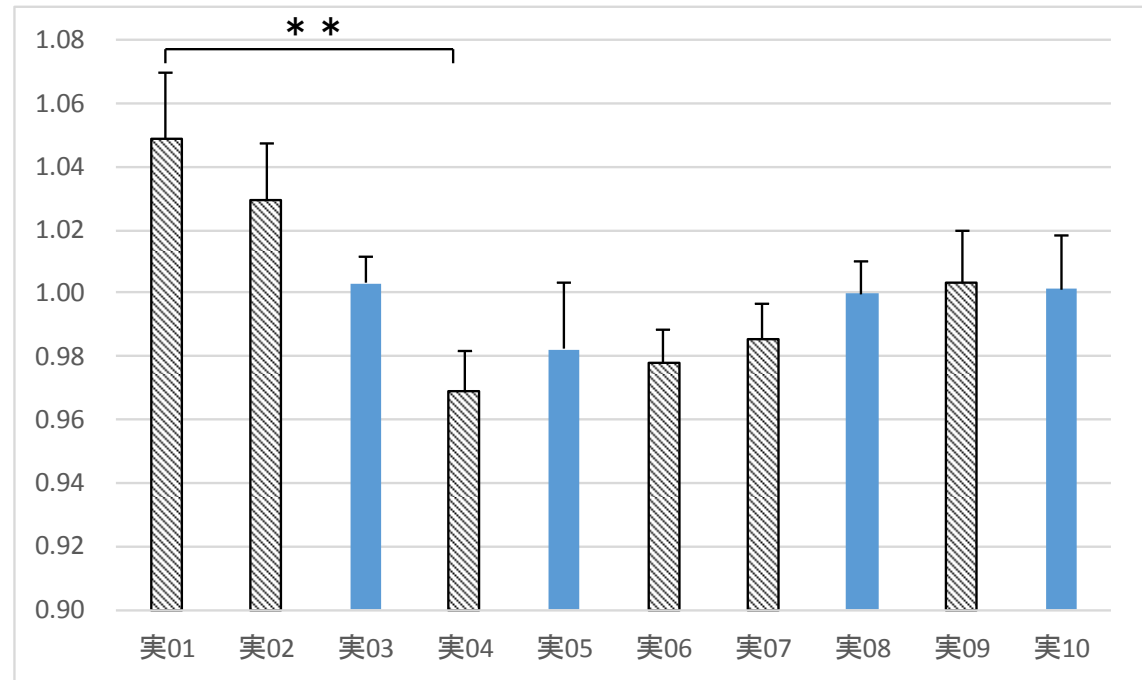


(3)結果及び考察

実走行区間再現画面
右カーブ

男性被験者

●自然樹形の「路肩高木区間」
(実01)
「路肩高木ぶつ切り区間」(実04)
に対して交感神経優位
(心拍変動性および心拍数)



SD法で有意差は確認されず

男性被験者 実走行区間再現画面のHR (実測値/平均値, 斜線:右カーブ, 塗りつぶし:左カーブ) (*: p<0.1; **: p<0.05; ***: p<0.01)

→印象評価ではとらえられない
生理的な反応が, 心拍変動性の
解析によって確認された可能性



実1 路肩高木+片側音壁



実4 路肩高木ぶつ切り

加工区間画面(右カーブ) 壁沿い植栽区間

全被験者

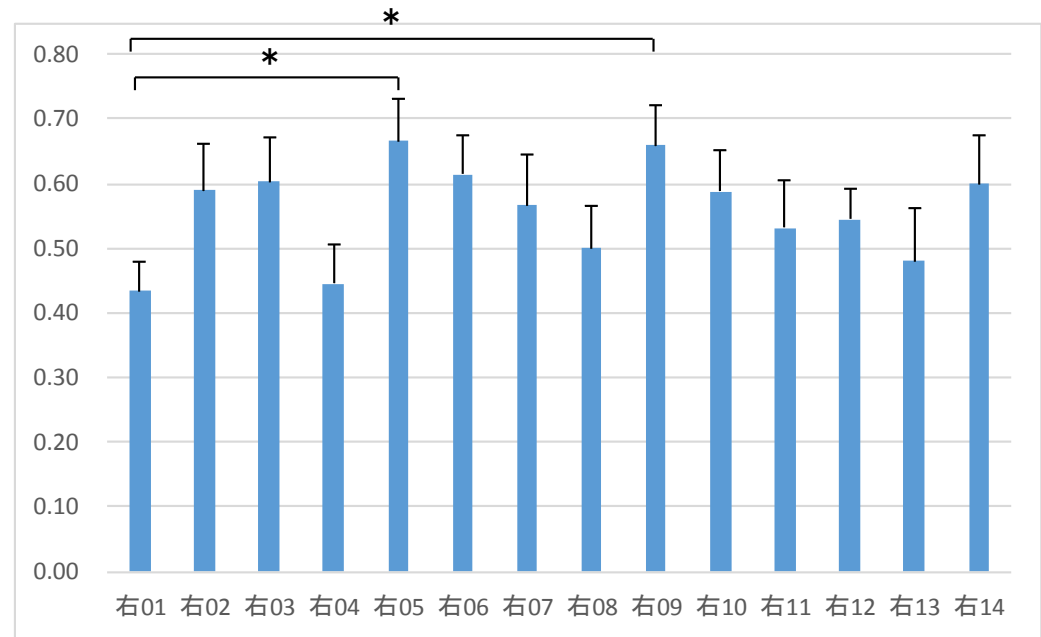
- 「高木区間」(右09)は「植栽なし区間」(右01)に対してLF/(LF+HF)の値が有意に高い
= 交感神経が優位な状態
(心拍変動性)

「暖かい」「潤いのある」「自然な」
「元気になる」「変化の多い」
の項目で評価(SD法)

男性

- 「高木区間」(右09)は「植栽なし区間」(右01)に対して運動野および連合野(認知)が活性化
(脳血流動態)

「暖かい」「潤いのある」
の項目で評価(SD法)




全被験者 右カーブ区間のLF/(LF+HF)
(*: p<0.1; **: p<0.05; ***: p<0.01)



右1 植栽なし



右9 高木



3. 実走行実験

(1)実走行実験概要

①実験区間

首都圏中央連絡自動車道 狭山日高IC～川島IC間

②調査日；平成27年5月25日～5月29日(5日間)

③測定項目；眼球運動，心拍，SD法

④被験者；20代の男女各10名，計20名

(2)手順

実験の所要時間 約60分

狭山日高IC

実験機器装着・調整 約30分間以内



車両 搭乗, 走行開始



圏央道

(狭山日高IC→川島IC→狭山日高IC)

データ測定 約30分間



狭山日高IC

印象評価



【参考】 実走行実験実施日の交通量

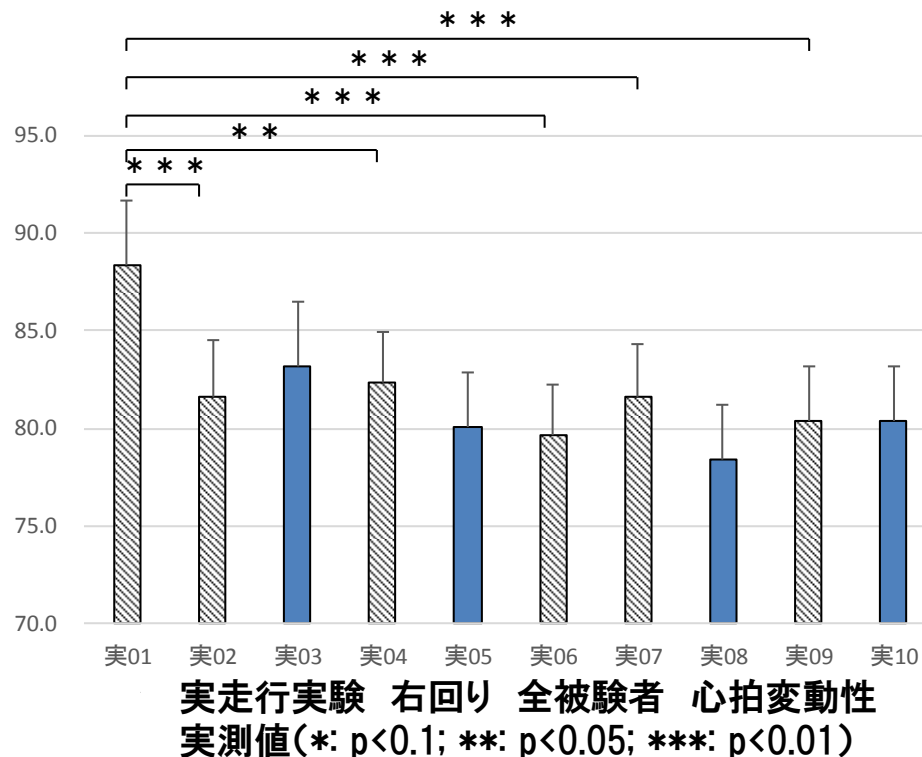
日別交通量(台)

区間 月日	狭山日高～圏央鶴ヶ島		圏央鶴ヶ島～鶴ヶ島JCT		鶴ヶ島JCT～坂戸		坂戸～川島	
	上り	下り	上り	下り	上り	下り	上り	下り
5/25(月)	26,648 (7,914)	25,073 (5,873)	27,664 (8,201)	26,653 (7,296)	9,973 (3,068)	9,748 (2,821)	9,385 (2,992)	9,082 (2,662)
5/26(火)	27,638 (8,532)	27,054 (7,038)	29,142 (8,936)	29,192 (8,672)	10,348 (3,230)	10,144 (3,306)	9,802 (3,176)	9,493 (3,138)
5/27(水)	27,634 (8,433)	27,308 (7,057)	28,837 (8,879)	28,764 (8,450)	10,158 (3,220)	10,394 (3,366)	9,628 (3,146)	9,747 (3,174)
5/28(木)	27,501 (8,637)	28,064 (7,336)	28,829 (9,108)	29,917 (8,947)	10,376 (3,369)	10,339 (3,406)	9,795 (3,287)	9,677 (3,203)
5/29(金)	28,249 (8,234)	28,735 (6,860)	29,326 (8,457)	30,431 (8,504)	10,852 (3,187)	10,862 (3,364)	10,268 (3,114)	10,152 (3,152)
平均	27,534 (8,350)	27,247 (6,833)	28,760 (8,716)	28,991 (8,374)	10,341 (3,215)	10,297 (3,253)	9,776 (3,143)	9,630 (3,066)

(3)結果及び考察

右回り区間
全被験者

路肩高木自然樹形区間(実01)は
路肩高木区間(実02),
路肩高木ぶつ切り区間(実04),
壁沿い中木区間(実06, 実09)
植栽なし区間(実07) に対して
心拍数が高い(交感神経優位の状態)



- ・植栽なし区間(実07)に対して,
「暖かい」「潤いのある」「自然な」「元気になる」
「変化の多い」について高く評価
「整然とした」について低く評価



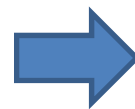
順序効果が影響した可能性

- ・実01 = 一般道から高速道路に
入った直後の区間

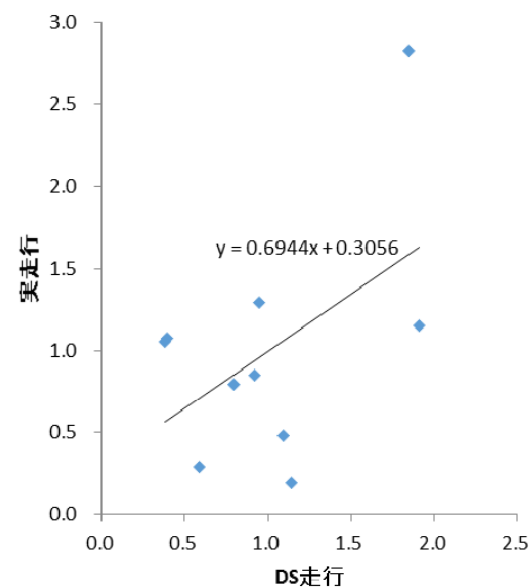
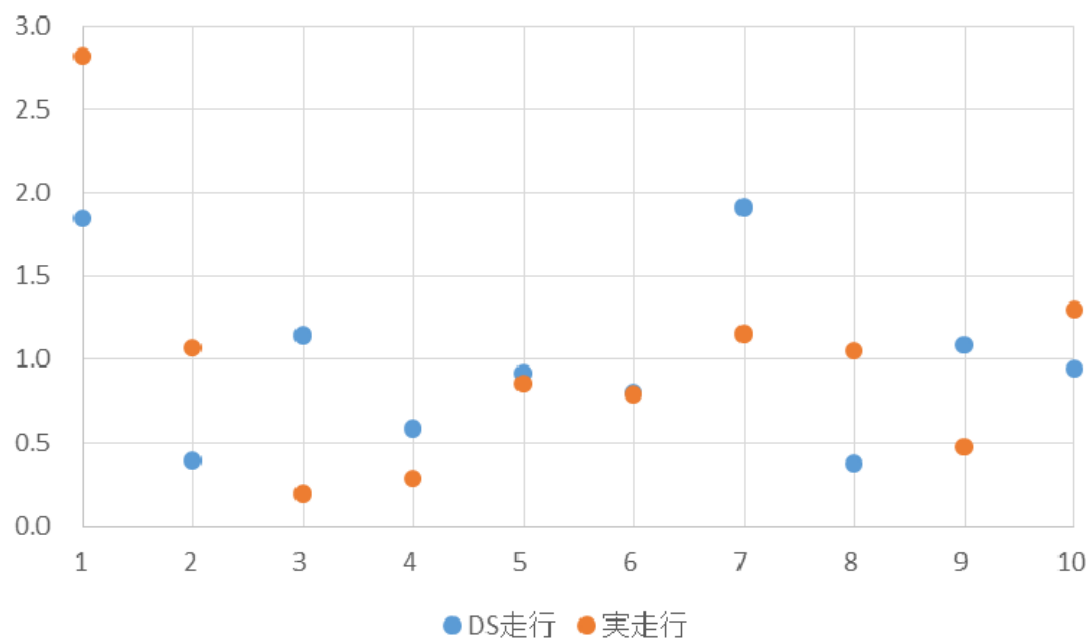


(4)DS実験と実走行実験結果の関連性

HRの実測値および実測値/平均値
LF/HFの実測値/平均値
LF/(LF+HF)の実測値/平均値



DS実験と実走行実験の結果
に正の相関がみられる



LF/HFにおけるDS走行・実走行の相関(全被験者 実測値/平均値) $r=0.49$

※ただし、SD法の結果では、実走行実験はDS実験より有意差が現れにくい

4. パーキングエリア(PA)実験

(1)PA実験概要

①実験場所

首都圏中央連絡自動車道 狭山PA(外回り)

②使用樹木

高木; シラカシ (H=4.0 C=0.21 W=1.2) 3本

中木; イヌツゲ (H=1.5 W=0.5) 6本

低木; サツキツツジ (H=0.4 W=0.5) 6株

③実験日

平成27年6月8日(月)～平成27年6月19日(金)

④測定項目

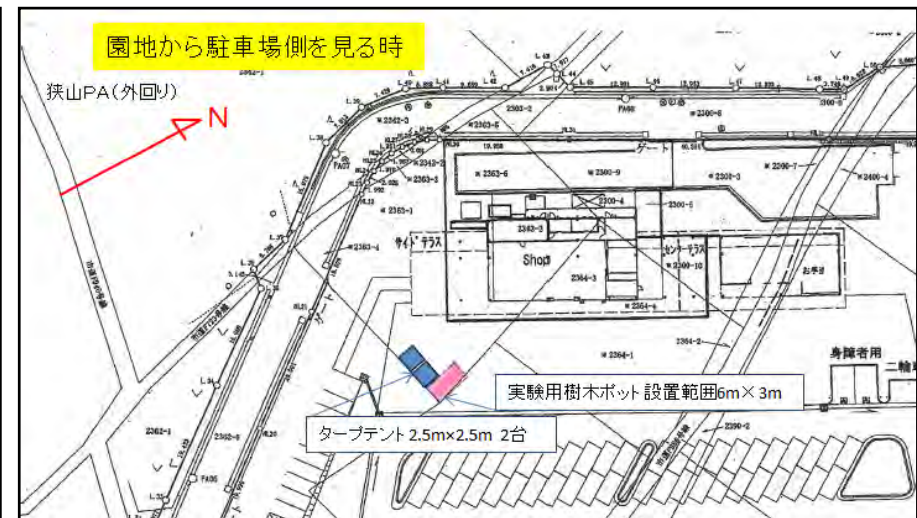
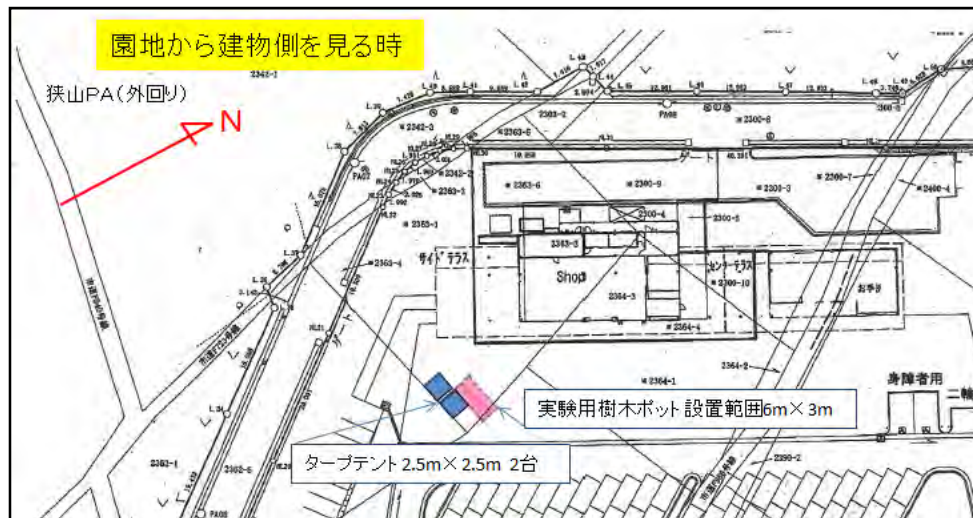
脳血流動態, 眼球運動, 心拍, SD法

⑤被験者

20代の男女各10名, 計20名

(2)測定場所

- ・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場所



【商業施設側】



植栽なし



低木



中木



高木

【駐車場側】



植栽なし



低木



中木



高木

(3)手順

近赤外線を反射するフィルムを張った
3m×3mのタープテント内で実施

実験の所要時間 約60分

実験機器装着・調整 約30分間以内



計測時間 約20分間

*被験者は、実験中椅子に座った状態で
頭は動かさない。

安静時間 1分間

↓ 開眼のまま白い板を目前に提示された状態

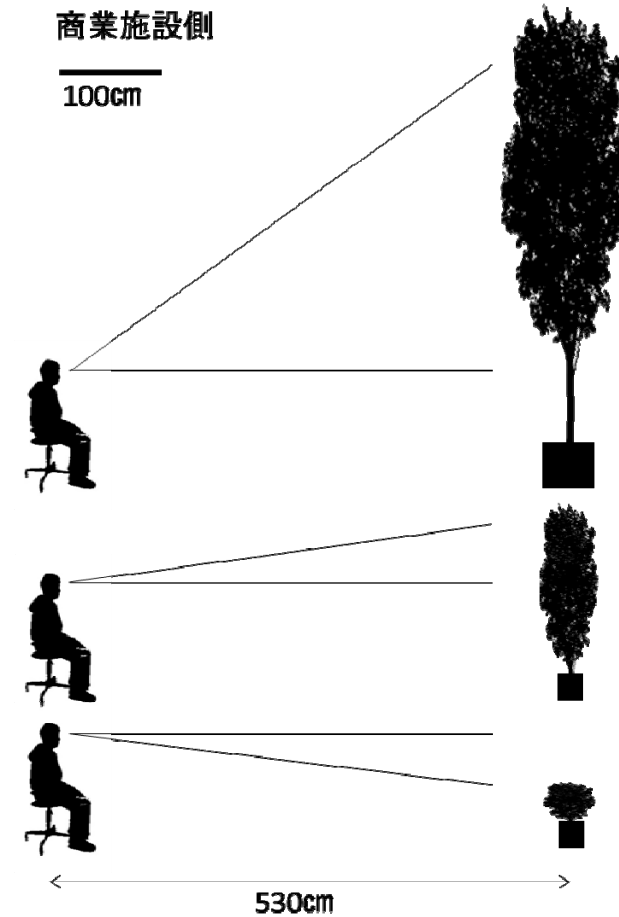
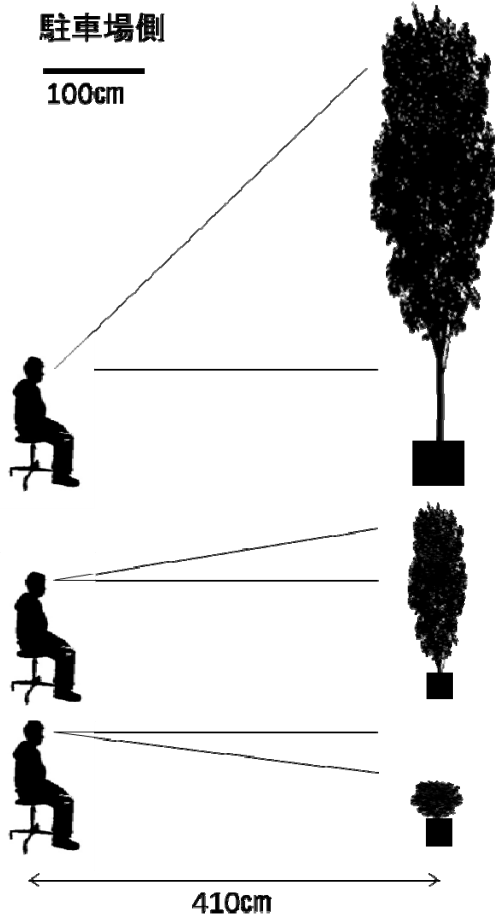
データ測定 1分間

正面の景観を目線高約120cmで自由に見る
対象樹木は順序効果に配慮しランダムに提示



印象評価





	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	剪定等	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) 材質・色:ポリプロピレン製・黒	樹形を整え, 小透かし	120cm	商業施設側: 530cm 駐車場側 : 410cm	商業施設側: 仰角: 31° 駐車場側 : 仰角: 38°
中木	イヌツゲ	H=150cm W=50cm	6	10号鉢 (直径32cm, 高さ26.5cm) 材質・色:ポリプロピレン製・黒	樹形を整える	60cm		商業施設側: 仰角: 6° 駐車場側 : 仰角: 8°
低木	サツキツツジ	H=40cm W=50cm						商業施設側: 俯角: 6° 駐車場側 : 俯角: 7°

(4)結果及び考察

(1)脳血流動態

1)商業施設側

全被験者

「なし」<「中木」 運動野および連合野(判断)が活性化

男性

「なし」「高木」<「中木」 連合野(判断)が活性化

「なし」<「低木」 体性感覚が活性化

「中木」<「高木」 体性感覚および運動野が活性化

女性

「低木」<「中木」 連合野(認知)が活性化

「中木」<「低木」 連合野(判断)が活性化

「高木」<「低木」 連合野(記憶)が活性化

「なし」<「中木」 連合野(判断)および運動野が活性化

2) 駐車場側

全被験者

「低木」 < 「中木」 **連合野(認知)**が活性化 ($p < 0.05$)

「なし」「低木」「中木」 < 「高木」 **聴覚**が活性化

「低木」 < 「高木」 **運動野**が活性化

男性

「高木」 < 「なし」 **体性感覚**が活性化

「高木」 < 「低木」 **聴覚**が活性化

女性

「低木」 < 「なし」 **連合野(認知及び判断)**が活性化

「なし」 < 「高木」 **連合野(判断)**が活性化

「高木」 < 「なし」 **体性感覚**が活性化

「中木」 < 「高木」 **聴覚**が活性化

「なし」 < 「高木」 **運動野**が活性化していた ($p < 0.1$)

(3)眼球運動

1)商業施設側

男性の停留点数

「中木」が「高木」よりも停留点数が有意に多かった($p < 0.1$)

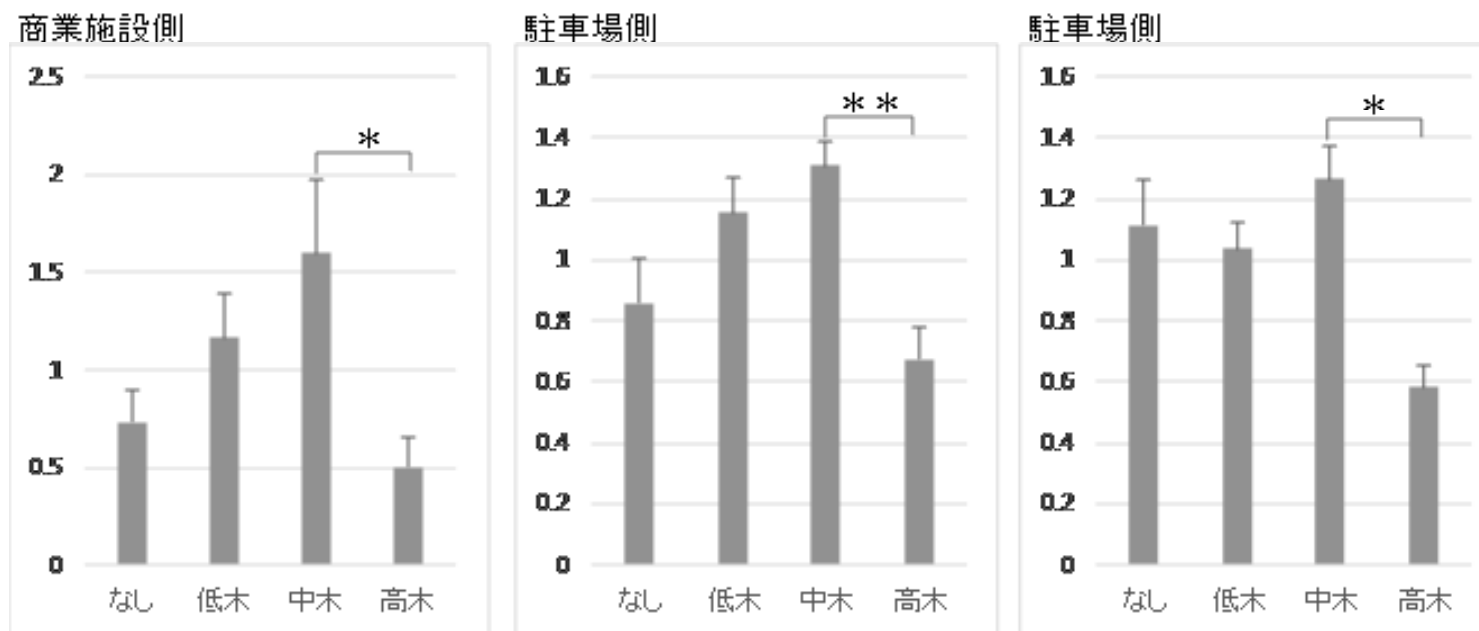
2)駐車場側

女性の停留点数

「中木」で「高木」よりも停留点数が有意に多かった($p < 0.05$)

女性の総停留時間

「中木」が高木よりも総停留時間が有意に多かった($P < 0.1$)

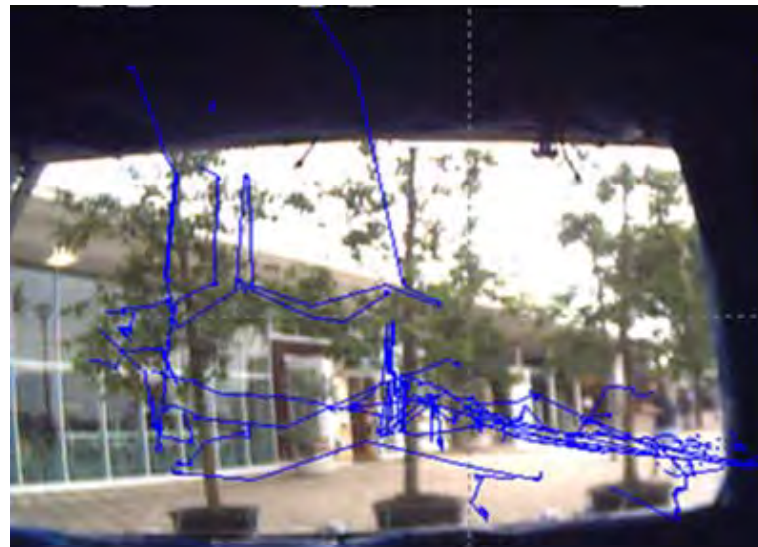


男性 停留点数(実測値/平均値) 女性 停留点数(実測値/平均値) 女性 総停留時間(実測値/平均値)

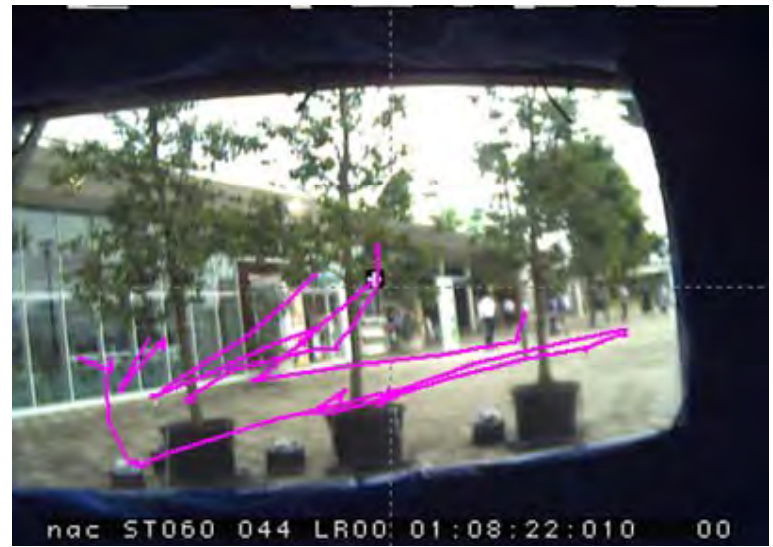
眼球運動の停留点数および総停留時間(実測値/平均値)
(*: $P < 0.1$; **: $P < 0.05$)



「中木」における典型的な目の動き



「高木」における典型的な目の動き



まとめ

●商業施設側

眼球運動 → 「中木」の歩行者に対する遮蔽効果

脳血流動態 → 「中木」の場合に多く活性化

SD法 → 「中木」のみが「なし」に対し「快適な」で有意に良い評価

➡ 「中木」には歩行者の動きを遮蔽し脳の活性化を促す効果
=人をリフレッシュさせる効果

●駐車場側

眼球運動 → 「中木」が車両や歩行者を遮蔽する効果

脳血流動態 → 「中木」の場合で活性化

SD法 → 「中木」のみが「なし」に対し「目が冴える」で有意に良い評価

➡ 「中木」には車両や歩行者を遮蔽し脳の活性化を促す効果
=人をリフレッシュさせる効果

「高木」や「低木」は「なし」に比べて脳血流動態が鎮静化

→「高木」「低木」があったことによりリラックス効果

アプローチ広場の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

=利用者の休憩効果を高める機能

5. まとめ

DS実験

印象評価で差が出ない場合でも多くの生理的な反応が確認
＝印象評価ではとらえられない植栽の効果が
生理的な反応として定量的に把握できた

順序効果の影響がなかったと考えられる点でも意義は大きい
∵ある対象区間を走行する前に必ず植栽のない区間を走行する点で、
前に走行していた対象区間における生理・心理的な反応が一度リセット
←実走行実験では、結果に順序効果が大きく影響した可能性

DS実験と実走行実験の関連性

心拍数及び心拍変動性(LF/HF, $LF/(LF+HF)$)について正の相関
→DS実験は、高速道路植栽の効果を測定するための手法として妥当

DS実験でみられた植栽の効果は、実走行でも発揮される可能性が高い

実走行実験

- ・運転者が認識できる直接的な景観評価につながるレベルでの差は現れていないにもかかわらず
- ・実走行において、道路植栽の効果にかかわる生理的な無意識下の反応が明確に現れている

PA実験

- ・「中木」に歩行者の動きを遮蔽し脳の活性化を促す効果
(人をリフレッシュさせる効果)
- ・駐車場側を見ていたときには、「高木」や「低木」によりリラックス効果



ご清聴ありがとうございました