

道路の設計・デザインにおける認知工学の活用に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 27～平 29

担当チーム：地域景観ユニット

研究担当者：高橋 哲生

【要旨】

道路空間には、交通事故対策としての警戒標識設置等、新たなニーズの発生とともに道路附属物が増設されてきた。このような道路空間における様々な施設類の機能は、総合的に発現されるかどうか明確になっておらず、それらを評価する手法が無いのが現状である。施設の集約や削減が実施されはじめてはいるが、過剰な設置と思える空間もまだ見られる。

施設が多いことにより、整備時の設置費用及び点検、維持管理に要する費用がかさむ上、道路景観が低下する要因となっている。更には、道路利用者は、道路空間全体から得る視知覚情報より判断しながら行動しているが、施設類が多いため、重要度が高い情報を認知できなくなり、交通事故のリスクを高めている可能性がある。

そこで本研究では、道路の設計・デザイン技術の提案に資することを目的に、道路利用者の視知覚情報から行動に至る一連のプロセスを整理し、それら各プロセスの検知、評価、検証における認知工学の適用可能性について、基礎的な検証を行なった。

キーワード：道路景観、認知工学、道路附属物、交通安全

1. はじめに

道路空間には、道路利用者に目的地や通過地への方向・距離などの情報を提供するための案内標識、警戒すべきことや危険を知らせ、注意深い運転を促すための警戒標識及び路面標示等が設置されている。ドライバーはこれらの情報に加え、走行車両や自転車、歩行者等の状況を判断しながら、行動している。こうして増設された施設が既存の施設の機能とあわせて、総合的に発揮されているかどうか明確となっておらず、それらを評価する手法が無いのが現状である。道路管理者等は、道路の維持管理や点検コスト削減の観点から、施設の集約や削減を実施しているが、過剰な設置と思える空間もまだ見られる（写真-1）。

こうした道路空間は、施設の設置費用はもとより、点検や維持管理に要する費用が必要となる上、道路景観が低下する要因となっている。更には、道路利用者は、道路空間全体から得る視知覚情報より判断しながら行動しているが、施設類が多いため、重要度が高い情報を認知できなくなり、交通事故のリスクを高めている可能性がある。

また、市街地においては、こうした道路附属物に加え、沿道の建物や看板、駐停車の車両や、自動車、自転車、歩行者交通量が多いこと等により、更に多



写真-1 多くの標識類が設置されている事例
(イメージ)

くの視覚情報が認知活動に影響している可能性がある。

そこで、本研究では認知工学に基づく検証手法について調査を行い、各検証手法について精査を行った。その中から有益な手法を抽出し、その手法について、道路利用者の視知覚情報から検知、評価、行動に至るプロセスの検証を行い、道路の設計・デザインに資する認知工学の適用の可能性について、検証を行った。

2. 認知工学の検証手法の調査

比較的一般的な道路の設計・デザインに資する認知工学の検証手法として、「アイトラッキング計測手法」が挙げられるが、それ以外の手法として、「ハイブリッド感性評価手法」「アイトラッキング計測手

法」「fMRI評価手法」「fNIRS評価手法」を抽出した。各手法の概要は以下のとおり。

1) ハイブリッド感性評価手法

ハイブリッド情感解析システムを活用し、非接触の表情・視線・瞳孔径解析に加え、脳波解析を行う手法（写真-2）。

2) アイトラッキング計測手法

アイトラッカー併用ドライブSim等を用い、ユーザーの視線の動きを追跡する手法。

3) fMRI評価手法

磁気共鳴映像装置（MRI）を用い、脳血流量の変化から脳活動状況を3次的に映像化する手法。

4) fNIRS評価手法

NIRSを用い、近赤外線により頭皮上から脳血流を測定し、大脳皮質の脳活動状況を画像化する手法（写真-3）。

3. 認知工学の検証手法の精査

認知工学の検証手法について精査を行った。アイトラッキング計測手法は、運転者の視線の動きは追跡できるが、ぼんやり見たときの視線の滞留も含まれてしまう。fMRI評価手法とfNIRS評価手

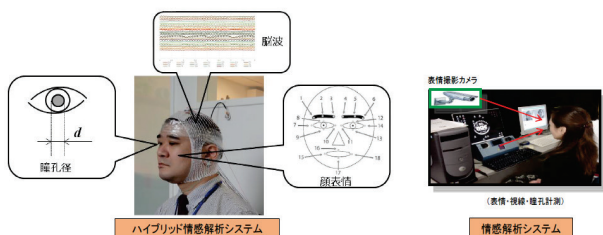


写真-2 ハイブリッド感性評価手法のイメージ
画像提供：夏目総合研究所、脳機能研究所

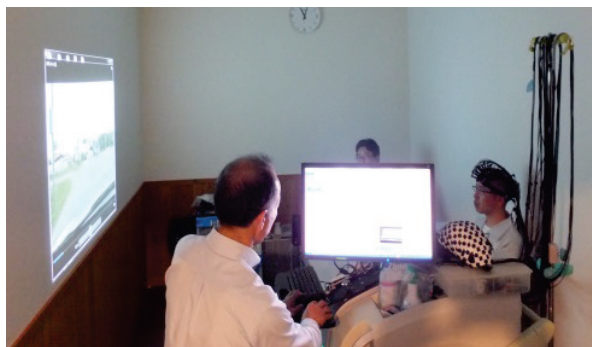


写真-3 fNIRS評価手法のイメージ

法は、脳そのものの機能に着眼したものであるが、アイトラッキングとの併用により視線解析も可能である。しかし、将来的な車載実験等、室外実験は不可であり、費用も高額となる。一方、ハイブリッド感性評価手法は、視線と脳波に加え、表情と瞳孔解析が可能であり、室外実験も可能であることから、当該手法の検証を行うこととした。

4. 被験者実験の概要

道路の設計・デザインに資する認知工学の適用の可能性を検証するため、ハイブリッド感性評価手法を用いた被験者実験を行った。

モニターに映した走行動画を見ている状況の視線の動きと瞳孔反応、表情反応、脳反応の同時計測を行い、総合的・定量的な分析を行った。

瞳孔反応では、近赤外線カメラにて視線位置、瞳孔径を測定し、走行動画の輝度の影響や呼吸・脈波の影響を除去して注目度として数値化、表情反応では、カメラにて被験者の顔の18の特徴点を抽出し、表情の変化から基本6感情（喜び・怒り・嫌悪・驚き・悲しみ・恐れ）を数値化した。



写真-4 10箇所の走行動画（キャプチャー）

脳反応では、頭皮上に配置した 21 電極の中から、被験者の覚醒状態や集中状態に関係の深い電極の組み合わせについて脳波の周波数分析および多変量解析等を用い、走行動画を見ている状態での集中度について解析を行った。

走行動画は、北海道内の人身事項多発の交差点ワースト 5 の交差点及び、それ以外の交差点を含む単路、計 10 箇所 (全て札幌市内) とした (写真-4)。

被験者は、バイアスが生じないように配慮し、男女各 5 名、年齢は 20 代、30 代、40 代、自動車運転免許保有者とした。ところが、実験中にサンプルエラー (半睡眠状態) の被験者 1 名を確認したため、急遽 1 名追加し 11 名とした。

5. 実験結果

被験者数 11 名の内、覚醒度合いが低い被験者 1 名について、眠気による影響を受けていると判断し、解析に適さないものとして除外した。更に、視線位置データ結果から、画面の下ばかりを見て前方を見ていない被験者 1 名を除外した。計 2 名を除外し、9 名のデータを抽出した。

動画毎に注目度データ解析を行い、傾向が類似している 4 名を抽出した。その 4 名について注目度と注目エリアに着目した整理分析を行った。

5-1. 注目度に着目した整理分析

動画毎に、対象とする交差点の直前 (以下直前 1) と、その 1 秒手前 (以下直前 2) の映像について、被験者の注目度を画面分割処理で分析した (写真-5)。直前 1 と直前 2 の映像の注目度総数の差が大きい動画が事故多発の交差点を含む動画になるものと仮説を立てた。その結果、大きな差が見られた動画は 2 つとなり、いずれも事故多発の交差点を含む動画であった。

5-2. 注目エリアに着目した整理分析

4-1 と同様に直前 1 と直前 2 の映像の注目エリアの差として、分散率*の差が大きい動画が事故多発の交差点を含む動画になるものと仮説を立てた (写真-5)。その結果、大きな差が見られた動画は 2 つとなり、いずれも事故多発の交差点を含む動画であった。その内 1 つは 4-1 の交差点と同一箇所となった。

※注目しているエリア数÷64 (総画面分割数)

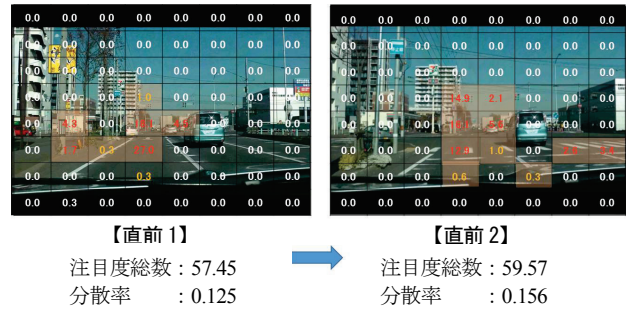


写真-5 画面分割処理の分析 (キャプチャー)

6. まとめ

6-1. 実験結果の考察

本研究では、認知工学における道路の設計・デザイン技術への適用可能性について、検証手法の調査を行い、ハイブリッド感性評価手法を用いた被験者実験から検証した。その結果、事故多発とそれ以外の交差点について、傾向の違いは確認できたことから、何らの要因があることは確認できた。しかし、それが道路附属物によるものなのか、車両台数の違いによるものなのか、沿道の違いなのか等、何に起因するものなのかの特定には至らなかった。

6-2. ハイブリッド感性表評価手法を用いた設計・デザイン技術への適用に向けた課題

ハイブリッド感性評価手法は、視線の動きに加え、表情と瞳孔、更には脳波解析を行うことにより、ぼんやり見たときの視線の滞留を排除できるため、無意識の視線の動きと注目度を把握できる有効な手法であることを確認した。

しかし、今回実験した手法は、検討した手法の中では比較安価であるものの、コスト面に大きな課題がある。また、実験の準備に時間を要すことや、1 名ずつ実験を実施する等の効率性の課題、更には汎用性にも課題があると考えられる。そのため現状では、今回目的とした道路空間や道路附属物の設計・デザインに関する研究への活用については、難しいと考えられる。

今後は、昨今の技術開発における進歩が早いことも踏まえ、認知工学に関連する測定機器類の開発や低コスト化に向けた動向、更には、新たな手法の動向を注視し、その際改めて、本研究の進め方について検討していきたい。