

脳波を用いた舗装路面の走行快適性評価に関する研究

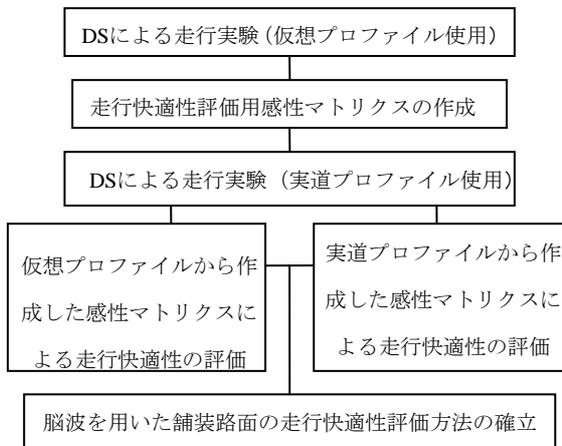
中央大学 学生会員 ○磯崎 大輔
 同上 正会員 郭 慶煥
 同上 フェロー会員 姫野 賢治

1. 研究の背景と目的

現在の道路の維持管理においては意思決定が管理者側の都合によって行われ、利用者は与えられた道路を利用するしかない。しかし利用者に与える影響を定量的に示す指標があるならば、それは両者にとって有益であるといえるのではないか。

本研究では、路面性状により利用者が受ける走行快適性を評価する方法として脳波に着目した。再現性が確認されたドライビングシミュレータと脳波解析ソフト ESA Pro を使用し、舗装の乗り心地評価に特化した乗り心地評価用の感性マトリクスを作成することで、乗り心地への脳波の適用を目指す。本研究は、感性マトリクスの有用性を確認することを目的とする。

2. 研究の流れ



3. 実験概要

1) 走行実験 (仮想プロファイル使用)

- IRI の異なる 5 パターンの仮想プロファイルを使用 (IRI2, 4, 6, 8, 10mm/m)
- 走行速度: 40km/h
- 助手席に座った被験者の脳波を測定
- 5段階と2段階のアンケート
- 被験者 10 人 (測定時にアイマスクと耳栓を着用)
- 車両パラメータ: 標準的な大型トラック

2) 走行実験 (実道プロファイル使用)

- 2次元、縦断各 6 パターンの実道プロファイルを使用 (※他は 1)と同様)

4. 仮想プロファイル走行時のアンケート結果

表 1. アンケート結果のまとめ

アンケート結果	プロファイル(IRI)
非常に良い	2mm/m
どちらともいえない	4mm/m
非常に悪い	8mm/m

これを基に走行快適性感性マトリクスを作成する。

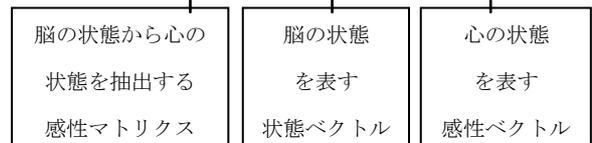
5. 感性マトリクスと感性スペクトル解析の基本概念

感性マトリクスは、相互相関係数 x をパラメータにした脳の状態から心の状態を導きだす役割をするものであり、互いに独立(直交)する要素と電極や周波数帯を学習アルゴリズムにかけることで得ることができる。

$$\text{相互相関係数 } x = \frac{\langle u_i(t)u_m(t) \rangle}{\sqrt{\langle u_i^2(t) \rangle \langle u_m^2(t) \rangle}}$$

(「喜怒哀楽」)マトリクス 入力 既知 出力

$$\begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,135} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,135} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & \dots & a_{3,135} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{4,1} & a_{4,2} & \dots & a_{4,135} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{135} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{pmatrix}$$



式 1: 感性スペクトル解析の定義式 (4 感情の場合)

6. 走行快適性感性マトリクスの作成

株式会社脳機能研究所の脳波感性マトリクス作成ソフト Emotion Matrix を用いて走行快適性(同乗者)を表す感性マトリクスを作成する (全 10 電極)。

- 電極 10 電極(Fp1,Fp2,F3,F4,T3,T4,P3,P4,O1,O2)
- 周波数帯域(θ 波帯:5-8Hz, α 波帯:8-13Hz, β 波帯:13-20Hz)
- 感性ベクトル: Good:IRI2 の路面の測定脳波

Poor:IRI8 mm/m の路面の測定脳波

Control:IRI4 mm/m の路面の測定脳波

キーワード 脳波, 走行快適性, ドライビングシミュレータ, 感性マトリクス

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科道路研究室 TEL 03-3817-1796

状態ベクトル: チャネル数 10, 帯域 3,

要素数 ${}_{10}C_2 \times 3 = 135$ 行

感性ベクトル: 2 要素 ‘Good’ ‘Poor’ 2 行

以上の脳波データを以下の行列式を用いて, 感性ベクトル解析を行う.

$$\begin{pmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,135} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{2,1} & \dots & a_{2,135} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_{135} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix}$$

← Good
← Poor

式 2: 走行快適性を求める行

x がプロファイル 1 の場合, $z_1=1, z_2=0$
 x がプロファイル 19 の場合, $z_1=0, z_2=1$
 x がプロファイル 12 の場合, $z_1=0, z_2=0$

以下では, 感性ベクトルの直行性の確認を行った.

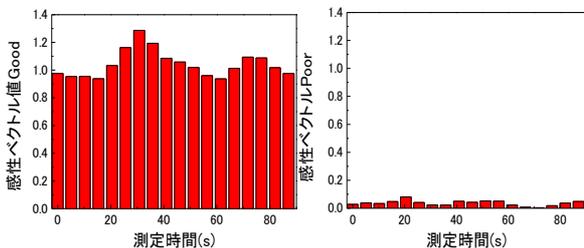


図 1. IRI2mm/m のプロファイルを走行時の脳波アンケートで非常に良いと評価された路面において Good の感性ベクトル値が高く Poor の値が低いので作成した感性マトリクスがうまく機能していると言える.

7. 実道プロファイルの測定脳波への適用

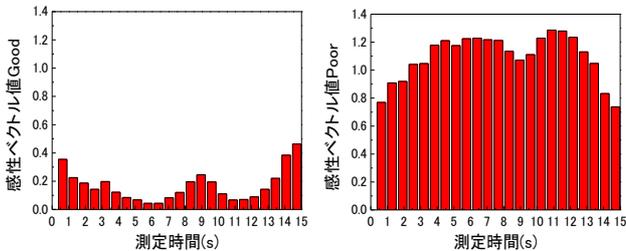


図 2. IRI4. 14mm/m のプロファイルを走行時の脳波

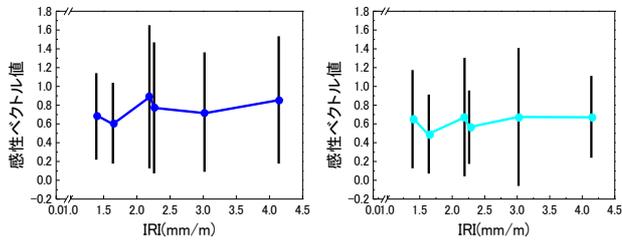


図 3. 10 人分の Poor を平均した感性ベクトル値

(左:2D 右:縦断)

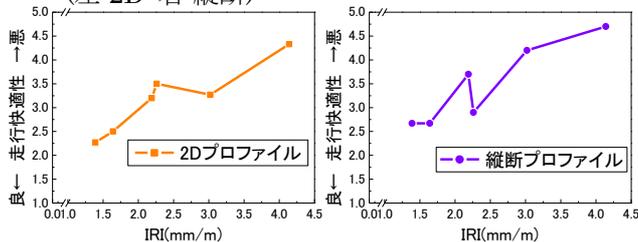


図 4. 実道プロファイルを走行時のアンケートの平均

図 2 から仮想プロファイルの測定脳波より作成した感性ベクトルの直交性が確認できる. しかし, 図 4 の実道走行時のアンケートでは IRI が大きくなるにつれて走行快適性が悪いと回答する被験者が増加しているのに対し, 感性ベクトル値を平均した図 3 は IRI が大きくなってでも Poor があまり向上せず関連性が小さいと言える. 標準偏差からばらつきが大きいこともわかる.

8. 実道プロファイルの測定脳波から作成した感性マトリクスによる走行快適性の評価との比較

実道プロファイルの測定脳波から作成感性マトリクスを作成した. 以下に条件を示す(その他は仮想と同様).

感性ベクトル: Good: フラットな路面の測定脳波

Poor: 4.14 mm/m の路面の測定脳波

Control: IRI 1.64mm/m の路面の測定脳波

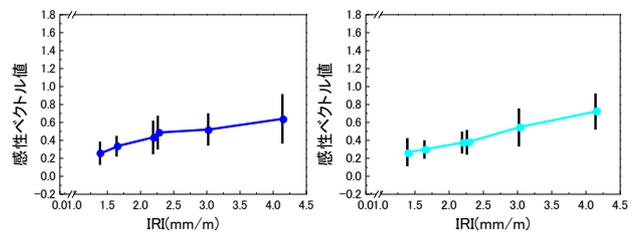


図 5. 10 人分の Poor を平均した感性ベクトル値

(左:2D 右:縦断)

図 3 と図 5 を比較すると, 実道プロファイルの測定脳波から作成した感性マトリクスの方がばらつきが小さいことが見て取れる. また, 図 5 の実道における脳波の平均感性ベクトル値と図 4 のアンケート評価を比較するとかなり関連性が大きいことがわかる.

9. まとめと今後の予定

走行快適性感性マトリクスはアンケートとの関連性があり, 走行快適性感性マトリクスの有用性を確認できた. 実道プロファイルから作成した感性マトリクスは, ばらつきも小さく, 今後感性ベクトル値から大体の IRI も把握するという事もできるかもしれない.

しかし個人差が大きく, かなりばらつきがあることがわかった. 現段階では, より正確な脳波による舗装の乗り心地評価を行うためには, その都度感性マトリクスを作成する方が良いという結果が得られた.

今後は, 感性マトリクスの元となるデータの抽出方法の検討を行うとともに,

- ・測定前に被験者をリラックスさせ, その状態から実験を開始し, 脳波計の取り付け方の検討を行うなどさらに厳しい条件下で実験を行い, 個人差と実験中のアーチファクトを減らしていくことが課題である.