

生体脈波情報を用いた道路の乗り心地評価方法の提案

茨城大学工学部 学生会員 ○吉沼智弘

茨城大学工学部 正会員 原田隆郎

茨城大学工学部 フェロー 横山功一

1. はじめに

現在、安全で快適な交通環境を道路ユーザへ提供するための道路整備計画が推進されており、これまで路面の管理指標として用いられてきた維持管理指数だけでなく、道路の乗り心地評価に関するさまざまな取り組み(国際ラフネス指数を用いた評価や道路ユーザの感性評価など)が実施されている¹⁾。一方、医療や福祉工学の分野で利用されている生体脈波は、脳波や血圧などに比べて測定が比較的容易であり、外部環境の急激な変化による人体の反応を観察するのに最適であることから、その適用範囲が広がっている²⁾。著者ら³⁾は、人間の感覚的なアプローチによる道路整備手法を提案するため、道路ユーザの生体脈波情報による乗り心地評価に関する検討を行い、道路の乗り心地を生体脈波のカオス性を定義するリアプノフ指数を用いることで定量化できる可能性を示した。

そこで本研究では、車両振動による生体脈波の反応及び継続性を分析するとともに、生体脈波情報を用いて路線ごとの乗り心地を比較し、生体脈波による路線の差別化の可能性について検討した。

2. 生体脈波測定とその特徴量の抽出方法

本研究で用いる生体脈波測定は、耳朶などの生体組織へ近赤外領域の光を照射したときの反射あるいは透過光を検出し、ヘモグロビンによる近赤外光の吸光度を利用して血液の脈動を電氣的に測定する(図-1)。この生体脈波波形はカオス性を有することから、その特徴量の抽出方法としては一般にカオス解析が用いられる⁴⁾。カオス解析では、まずターケンスの埋め込み定理を用いて生体脈波波形から時間遅れ座標にアトラクタを構成する。生体情報が不安定な場合アトラクタの軌道は複雑になり乱れる。このアトラクタの軌道の複雑さを表す指標がリアプノフ指数である。よって、アトラクタが全く同じ軌道を描く場合にはリアプノフ指数は0となり、軌道が複雑にずれるほどリアプノフ指数の値は大きくなる。測定された生体脈波波形のリアプノフ指数が大きいということは、人体が何らかの外界の変化に対して反応している状態であると考えられ、本研究では、このリアプノフ指数を乗り心地の指標として定義した。つまり、乗り心地が良い場合には生体情報が安定しているためリアプノフ指数は変化せず一定の値を示し、逆に乗り心地が悪い場合には生体情報が不安定となりリアプノフ指数は安定時に比べ大きな値を示すことになる。

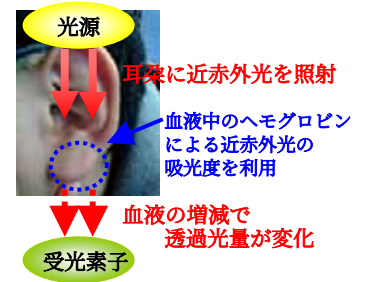


図-1 脈波測定原理

3. 車両走行による生体脈波測定実験と乗り心地評価に関する分析

(1) 実験の概要

一般道路区間を普通乗用車(1300cc)で走行し、走行中の同乗者(右後部座席)について耳朶脈波を測定した。耳朶脈波は株式会社 CCI 製「BACS ディテクター」を用いて測定し、走行区間をなるべく法定速度で一定走行できるように、交通量の少なくなる夜間(午後9時前後)を測定時間帯とした。また生体脈波測定の被験者が視覚的要因による影響を受けないようにサングラスを着用させ、加えて音による影響も受けないように耳栓も着用した。

(2) 生体脈波と車両振動の関係分析

車両振動による生体脈波の反応及び継続性を分析するために、車両走行中の車内(左後部ドア)に加速度計(株式会社東京測器研究所製「ARF-20A」)を取り付け、生体脈波測定と同時に車両振動(上下振動)の加速度を測定した。

キーワード：脈波, カオス, リアプノフ指数, 乗り心地, 道路整備

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL：0294-38-5172 E-mail：t54065h@hcs.ibaraki.ac.jp

測定は5回実施し、各測定において路面情報が含まれている区間を切り出して加速度が路面情報を検知した時の生体脈波の影響について分析した。

図-2及び図-3は、充填等により不陸が生じた区間を、約 60 km/h で一定走行中に測定した生体脈波波形と加速度波形を示している。加速度計が不陸による車両振動を捉えた時に生体脈波の波形も乱れ始めていることが読み取れる。このことから生体脈波が不陸による車両振動に反応すると考えられる。また不陸後も生体脈波の乱れは継続しており、安定した波形に戻るまで約2秒かかっていることも読み取れる。このことから乱れた生体脈波の波形が安定するまでには時間を要すると考えられる。他の測定における解析結果でもこれらと同様の結果が得られた。

以上より生体脈波は、路面情報による直接的な影響ばかりではなく、その後の余韻まで捉えることが可能であるため、人間の感覚を取り入れる方法として生体脈波測定は有効であると言える。

(3) 生体脈波情報による路線ごとの乗り心地評価

生体脈波情報による路線の乗り心地地区別化の可能性について分析するために、任意に設定した一般道路区間3路線(表-1)を通る測定コースを3回走行し、路線ごとに3回分の生体脈波データを取得した。得られた生体脈波データは、株式会社CCI製「リアプノフスライドカルク」を用いてそれぞれリアプノフ指数に変換し、測定ごとにリアプノフ指数平均値を算出した。そして路線ごとに測定3回分の平均値の平均を求めて、その値(以下道路評価値と示す)を用いて路線ごとに乗り心地を区別することが可能か分析した。実験は日を変えて5度実施し、被験者5人分のサンプリングデータを取得した。

図-4は被験者①～⑤で得られた路線ごとの道路評価値の違いを示している。5者ともC<A<Bの順に値が高くなっており、路線ごとの道路評価値の大小関係が同様の傾向であることが確認できる。このことから、生体脈波情報を用いることで路線ごとの乗り心地を区別することができるのではないかと考えられる。

4. おわりに

上記の検討により、生体脈波測定の有効性及び生体脈波情報による路線ごとの乗り心地地区別化の可能性を確認した。しかしながら、今後、リアプノフ指数の絶対的な変化量と乗り心地の関係や個人差補正方法などに関する分析が必要である。

【参考文献】

1) 例えば、大野滋也、佐藤正和、鈴木一隆：「乗り心地」に着目した路面管理指標に関する研究－IRI(国際ラフネス指標)の適用性－，JH 試験研究所道路研究部舗装研究，EXTEC，61号，Vol.16，No.1，pp.37-40，2002。

2) 例えば、光井輝彰、千原健司、稲葉昭夫、永田可彦、福田 修：人にやさしいモニタロボットの研究，岐阜県生産情報技術研究所所報，第4報，pp.27-30，2003。

3) 原田隆郎、横山功一：生体脈波情報を用いた道路の乗り心地に関する検討，第27回日本道路会議，No.20049，CD-ROM，2007.11。

4) 清水俊行・苗鉄軍・下山修：指尖脈波のカオス分析を用いたドライバの心身状態の定量化，ヒューマンインタフェース学会研究報告集，Vol.6，No.1，pp.97-99，2004。

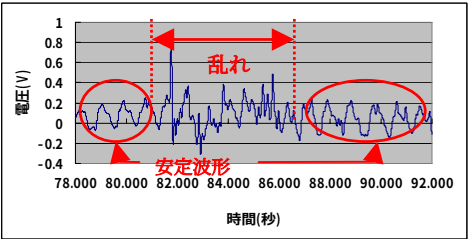


図-2 生体脈波波形

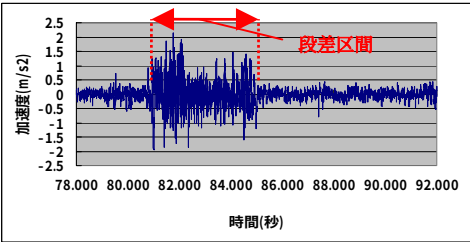


図-3 加速度波形

表-1 路線情報

路線名	走行区間	法定速度	車線数	路面の整備状況
路線A	約 2km	80km/h	片側 2 車線	比較的良好
路線B	約 1km	60km/h	片側 2 車線	わだち掘れ路面が比較的多い
路線C	約 1km	50km/h	片側 1 車線	時折段差による強い振動を受ける

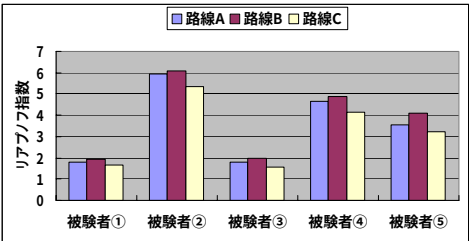


図-4 リアプノフ指数平均値