

生体脈波を用いた高速道路の走行安全性評価に関する基礎的研究

茨城大学工学部 正 会 員 ○原田 隆郎

茨城大学大学院 学生会員 作山 卓也

1. はじめに

現在、社会基盤施設の老朽化とそのメンテナンスが重要視されてきており、高速道路においても安全・安心の確保に向けた長期的な取り組みが検討されている¹⁾。高速道路の安全性を低下させる要因は、トンネル走行時の心理的不安感、橋梁のジョイント段差などであり、本研究では、これらの走行安全性低下要因を、高速道路を利用するユーザが直接的に受け取る視覚、聴覚、体感などの生体情報をもとに評価する手法について検討した。本研究で利用した生体情報は耳朶脈波(図-1)であり、これは外部環境からの干渉が少なく、種々の内的条件に鋭敏に反応する²⁾ことから、道路ユーザの直接的なレスポンスによって高速道路の走行安全性低下要因を評価できる。本研究では、運転者が高速道路を走行運転する際の生体脈波の不安定性を不安感として抽出し、これを走行安全性と対応づけて評価を行った。

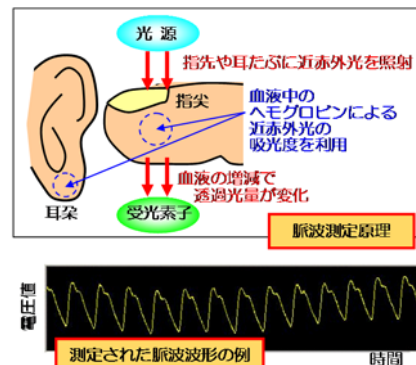


図-1 脈波測定原理と計測波形

2. 車両走行試験の概要と生体脈波、振動加速度、車内音の計測と解析

本研究では高速道路において走行試験を実施し、高速道路のトンネルと高架橋・橋梁の走行安全性評価を対象とした。評価対象としたトンネルと高架橋・橋梁の主な諸元は表-1に示すとおりである。

表-1 走行試験区間におけるトンネルおよび高架橋・橋梁の主な諸元

項目	トンネル①	トンネル②	項目	高架橋①	橋梁②	高架橋③	橋梁④
延長(m)	1,365	211	延長(m)	114.1	78.4	308.4	167.5
舗装種別	コンクリート		橋面舗装種別	アスファルト			
IRI平均(mm/m)	1.81	2.92	IRI平均(mm/m)	2.07	2.38	2.92	2.14
照明光源	高圧ナトリウムランプ		上部構造	RC	RC	PC	RC
照明配列	千鳥		伸縮装置数	2箇所	2箇所	5箇所	3箇所

まず、高速走行中の運転者4名の耳朶脈波をTAOS研究所製のVital Meterを使用して計測し、それをカオス解析³⁾によってリアプノフ指数として定量化した。そして、このリアプノフ指数が脈波の不安定性を表すことを利用し、運転者が走行中に受ける不安感をリアプノフ指数と対応づけた。さらに、基準値(本研究では一般的なアスファルト舗装の基準区間を走行中の運転者の脈波から導出されたリアプノフ指数)からの変化率として整理することで、計測条件の違いや個人差などを内包させた走行安全性評価指標として定義した。一方、評価対象としたトンネルと高架橋・橋梁を走行した

ときの車両振動加速度および車内音についても計測・解析した。車両振動加速度は東京測器研究所製の加速度計ARF-20A-T、車内音は先端にマイクロホンを着装したRION社製4chデータレコーダを利用してデータ収集した。そして、振動加速度からは振動の全体的かつ総合的な影響としての実効値、橋梁ジョイントなどの段差による瞬間的な最大振動を把握するためのピークピーク値(以下p-p値)などを、車内音からは騒音レベルの平均値である等価騒音レベル(以下 L_{Aeq})などを解析し、p-p値以外は基準走行区間(一般的なアスファルト舗装区間)との比率を求めて、リアプノフ指数の変化率(走行安全性評価指標)と比較した。走行試験における計測装置とその設置位置を図-2に示す。走行実験に使用した車両は7人乗りのワンボックス車であり、一定速度(90km/h $\pm\alpha$)で走行した。

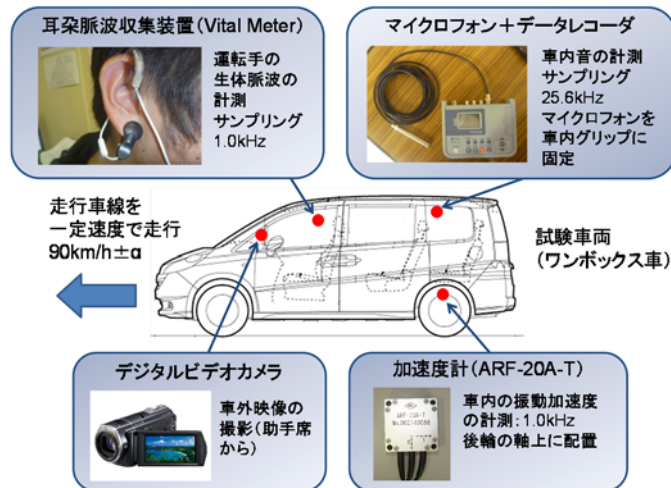


図-2 走行試験における計測装置とその設置位置

キーワード：高速道路、走行安全性、生体脈波、リアプノフ指数、振動加速度、車内音
連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1 TEL：0294-38-5172 FAX：0294-38-5268

3. 走行試験結果に基づくトンネルおよび高架橋・橋梁の走行安全性に関する考察

前述の高速道路の走行試験により、運転手4名の生体脈波を各2回、車両振動加速度および車内音を各3回計測し、比較分析した。そして、生体脈波によるトンネルと高架橋・橋梁の走行安全性評価に関して考察した。

図-3にトンネル走行時の運転手のリアプノフ指数の変化率と車両振動と車内音の関係を示す。各運転者のリアプノフ指数の変化率はすべて1.0以上となっており、基準走行区間に比べてリアプノフ指数が高くなっていることから、運転者はトンネル走行において安全性に対する不安感を持っていることが確認できた。また、トンネル②走行時は、主に振動加速度の実効値の変化が各運転者のリアプノフ指数の変化率に影響を与えているが、トンネル①走行時はリアプノフ指数のみ変化があり、他は基準走行区間との違いはほとんどないことがわかった。なお、基準走行区間と各トンネルを走行する際の車両振動および車内音の卓越周波数は同程度であり、車両振動特性や車内音の周波数特性が運転者の走行安全性に対する不安感に影響を与えている可能性は低いと考えられる。

図-4に高架橋・橋梁通過時の運転手のリアプノフ指数の変化率と車両振動と車内音の関係を示す。各運転者のリアプノフ指数の変化率はすべて1.0以上であり、特に高架橋③のリアプノフ指数の変化率が他よりも高くなった。つまり、各運転者は高架橋③を通過する際に安全性に対する不安感を持っていることが確認できた。この結果は、各高架橋および橋梁のp-p値の総和と相関が高いことがわかった。つまり、高架橋③通過時の伸縮装置付近の大きな段差振動が、各運転者の走行安全性に対する不安感に影響を与えていると考えられる。なお、車両振動加速度の実効値と車内音の L_{Aeq} は、いずれも運転者のリアプノフ指数の変化率と相関は見られなかった。

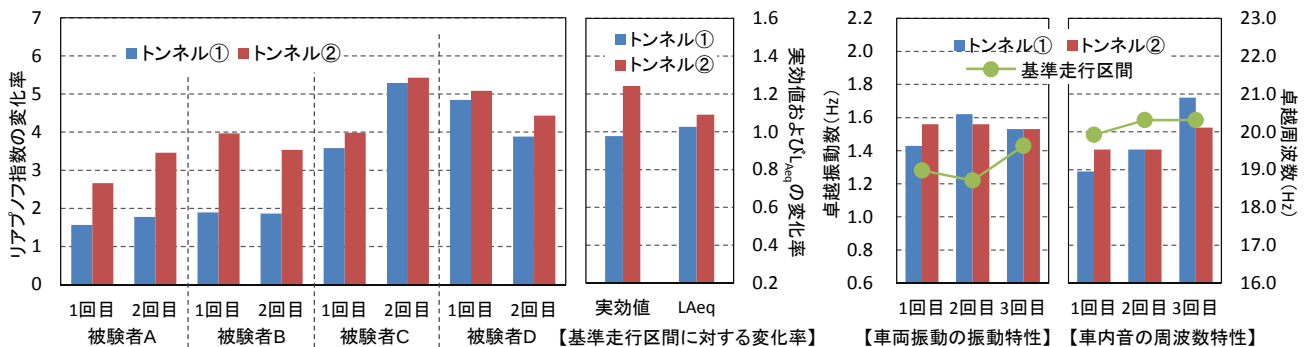


図-3 トンネル走行時の運転手のリアプノフ指数の変化率と車両振動と車内音の関係

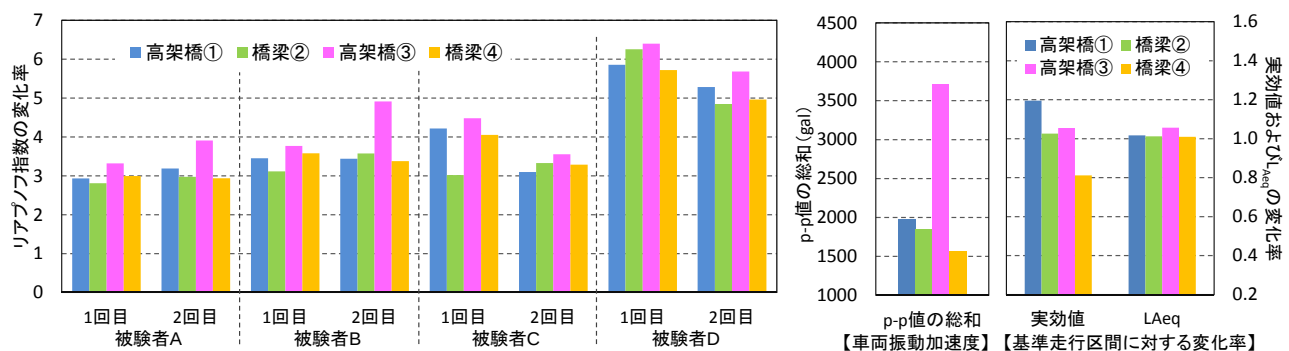


図-4 高架橋・橋梁通過時の運転手のリアプノフ指数の変化率と車両振動と車内音の関係

4. おわりに

本研究では、高速道路のトンネルと高架橋・橋梁を走行する際の運転者の生体脈波による安全性評価を行った。その結果、トンネルにおいては車両振動加速度の実効値、そして高架橋・橋梁については車両振動加速度のp-p値の総和と生体脈波による走行安全性の相関が強いことが確認できた。なお、本成果は運転者4名による走行試験の結果に基づく基礎的段階のものであり、今後は被験者数を増やして上述の成果の信頼性を向上させる必要がある。

【謝辞】本研究は平成25年度NEXCO 東日本技術研究助成の援助を受けて実施されたものである。ここに、記して謝意を表す。

参考文献：1)NEXCO 東日本ホームページ：『スマートメンテナンスハイウェイ（SMH：Smart Maintenance Highway）構想・基本計画』，<http://www.e-nexco.co.jp/csr/special01/02smh.html>（2015.1.15アクセス），2)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.97-99，2004．3)合原一幸編：カオス時系列解析の基礎と応用，産業図書，2000。