

ドライバの感じる運転の楽しさ推定に関する研究

日大生産工(院) ○富田 幸佳 日大生産工 景山一郎

1. ま え が き

近年、ドライバが嗜好で自動車を選択する可能性が大きくなっている。ドライバの嗜好に合った自動車を開発するためには、人間の感性を把握し、人間-自動車系として自動車の特性を評価することが重要となる。過去、ドライバの感性を扱った研究としては、着目するドライバの感性を心負担とした研究(1)、緊張とした研究(2)等がある。本研究では運転する楽しさに着目する。このような感性は快適性に分類されるものと考えられるが、環境が人間に働きかけてくる状態である従来の快適性の概念(3)と比較して、人間が環境に働きかけることで快感が得られる状態であるという意味で異なる。ドライバが自動車に働きかけることで快感が得られる状態であるということは、自動車の操縦安定性の評価と運転する楽しさの評価が結びつく可能性があり、これからの自動車の評価にとって重要なものになると考えられる。しかし過去ほとんど研究としては発表されていないため、本研究では、運転する楽しさを研究対象とし、その中でも特に人間-自動車系としての検討が可能であると考えられる、ドライバの操縦動作および操縦結果から生じる楽しさ、つまり「思った通り運転できたから楽しい」という楽しさについて、概要の把握と解析的に運転の楽しさを把握する可能性の検討を行った。

2. 車 両 実 験

「思った通り運転できたから楽しい」とドライバが感じた際のドライバの操作及び車両状態を計測するため、富士スピードウェイドリフトコースにおいて実験を行った。先行研究(4)(5)において、カーブが運転の楽しさを感じる環境であることが確かめられているため、カーブを含む本コースとした。走

行コースを図1に示す。実験車両は国産2500ccの普通乗用車を使用し、被験者は24歳男性(運転歴6年、運転頻度は週に2~3回)1名とした。被験者には、できるだけ速く走行するように教示し、走行毎に走行タイムを知らせた。「思ったとおり運転できたから楽しい」と被験者が感じたかどうかの確認は各走行後にVAS(Visual Analog Scale)を用い、左端に「つまらない」右端に「楽しい」と記した直線上に、各走行時の平均値相当の垂直線を記述させた。その際の感情状態は「思った通りの運転ができたとき」「思った通りの運転ができなかったとき」に分け多面的感情尺度短縮版(6)を用い測定した。さらに、各走行前にどのように走るつもりか、各走行後に実際はどうだったかを白地図に記入させた。なお実験前にあらかじめカーブを速く走行するための本を読ませ(7)(8)、どのような軌跡で、どのような操作で走行するつもりかを具体的にイメージさせた。走行回数は20回とし、計測項目はドライバの状態として、心電図、サーミスタによる呼吸、画像による瞬目、車両の操作量として操舵角、操舵トルク、アクセル開度、ブレーキ踏力、車両の状態量として前後方向速度、横方向速度、ヨーレイト、ロールレイト、ピッチレイト、前後方向加速度、横方向加速度、GPSによる位置情報とした。

1. 実 験 結 果

2.1 ドライバの心理・生理状態

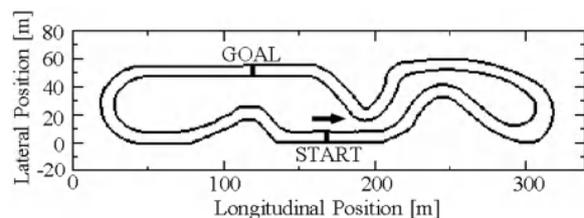


Fig.1 Experimental course

Study on Estimation of Driving Pleasure

Yukika TODA, Ichiro KAGEYAMA

ドライバの心理状態として、各走行後に行った VAS の結果を図 2 に示す。横軸の 0%は「つまらない」、50%は「どちらでもない」、100%は「楽しい」に相当する。全ての回において 65%以上となっており、全走行 20 回において被験者が運転の楽しさを感じていたことがわかる。

ドライバの生理状態として、記録できなかった走行 6 回目のデータ以外の各走行毎の瞬時心拍の平均値を図 4 に示す。安静時の 55.9[beat/min]に対し、実験中は平均が 100.0[beat/min]と高く、この際の姿勢や温度は一定であるため、緊張や恐怖等の情動反応やストレス反応が現れているものと考えられる(9)。被験者はこのような緊張状態に置かれているにもかかわらず、肯定的な感情を抱いており、緊張やストレスの要因の中には運転の楽しさのような取り除くべきではない要因が存在することが示唆される。

次に記録できなかった走行 6 回目以外の全走行における、被験者が瞬目をした地点を図 5 に示す。瞬目は視覚課題の認知判断の終了や注意と関連があるとされており(10)、地点で表示した場合、瞬目が減った場所は他の場所よりも認知判断を行い、より注意を払った場所であると考えられる。図 5 より、各カーブの頂点の手前部分で瞬目が減っており、各カーブの頂点の手前部分が、より認知判断・注意が必要な場所であったことが分かる。複合カーブのどこにドライバが注意を払っていたかを推定でき、運転の楽しさの評価のポイントになった可能性のある場所およびならない場所の推定が、瞬目で行うことのできる可能性が示された。

32 車両操作量・状態量に基づく検討

「思った通りの運転ができたから楽しい」ということは、走行前に予め「こう運転したい」という期待を持っているという前提がある。特に本実験においては、できるだけ速く、どのような軌跡で、どのような操作で走行するつもりかを具体的にイメージするよう教示していること、各走行後に走行時間を教えていることにより、被験者は速く走行することのできる走行イメージを持っており、それは何度も走行することにより、より速く走れるように収束していくと考えられる。

実験後、期待している走行イメージがある程度収束

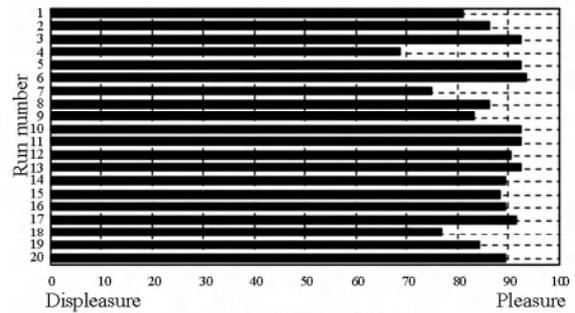


Fig.2 Visual Analog Scale data

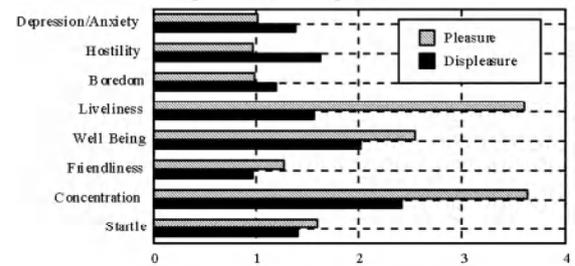


Fig.3 Average rating of eight feelings

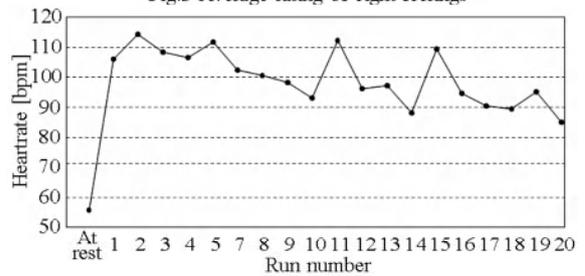


Fig.4 Average Heartrate

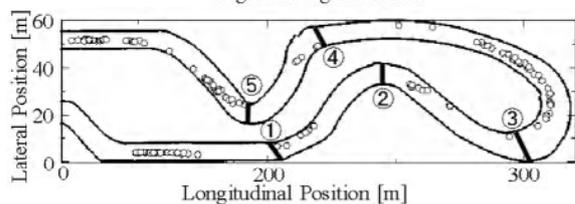


Fig.5 Position when subject blinked

したと被験者が申し出た回は走行 8 回目であり、各走行前にどのように走るつもりかを記入させた白地図も走行 8 回目からほぼ一定であるため、走行 8 回目以降は期待している走行イメージがほぼ一定であると考えられる。その期待している走行イメージに最も近いのは、総合的に最も思った通り走れたと被験者が評価した走行 13 回目であるため、走行 13 回目のデータを期待した走行イメージとして扱うこととする。なお走行 13 回目は図 2 より、最も「思った通りの運転ができたから楽しかった」回である。ここからは、走行 13 回目の次に「思った通りの運転ができたから楽しかった」走行 11 回目と、「思った通りの運転ができなかったから楽しくなかった」部分を含むため図 2 の走行 8 回目以降において最も得点が低くなっている走行 18 回目について検討を行った結

果を示す。

まず GPS の位置情報による、期待している走行イメージ通りに走行できた軌跡(以下、期待コースと呼ぶ)と楽しかった時の軌跡・楽しくなかった時の軌跡の偏差を縦軸に、期待コース上にあり軌跡に対して垂直な点とスタート間との距離を走行距離として横軸としたグラフを図6に示す。この結果より、楽しかったときの方が楽しくなかったときより偏差が小さいこと、どちらの場合でも偏差が大きくなった後に必ず偏差が小さくなること、つまり一度期待コースから外れても再び期待コースに戻ることが分かる。これは被験者が期待コースを目標として走行していたことを示すものである。

4. 操舵のアルゴリズムに基づく検討

ドライバは通常、目標コースや自車の状態量を認識し、車両をコースに追従するための操舵を行っている。本実験の場合、目標コースが明確にあるため、目標コースである期待コースに対して操舵を行うのが、ドライバの操舵を行うアルゴリズムの中で、最も寄与度の高い項目であると考えられる。そこで期待コースのヨー角速度と操舵角との相関を算出したところ、楽しかったときに 0.94、楽しくなかったときに 0.77 という高い相関が見られた。期待コースヨー角速度と操舵角の散布図を図7、図8に示す。また期待コースのヨー角速度を操舵に反映させるための時間的な進み、または遅れが考えられるため、時間をずらしながら相関係数を算出し、相関係数が最大になった時間を検討したところ、楽しかったときに期待コースヨー角速度に対して操舵角は 0.1[s]の遅れで相関係数が 0.99、楽しくなかったときに 0.4[s]の遅れで相関係数が 0.98 となった。時間のずれと相関係数のグラフを図9に示す。楽しかったときと比較して、楽しくなかったときに操舵に遅れが見られるのは、思った通りの走行ができず期待コースから離れたため、期待コースに戻るために新たな目標コースを算出し、その目標コースに対して操舵を行ったためだと考えられる。

ドライバが操舵を行う際、コースに従った位置規定のための操舵（フィードフォワード成分）とは別

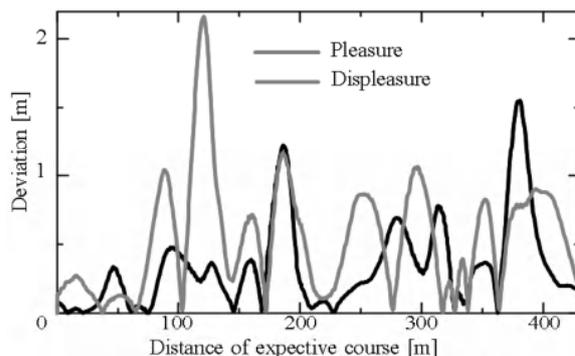


Fig.6 Deviations from expective course and pleasure / displeasure track

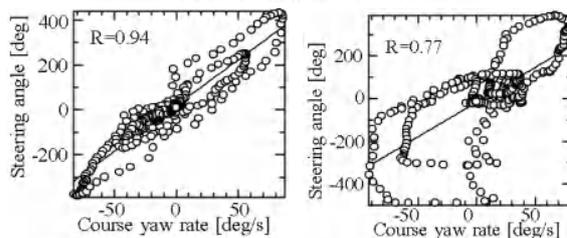


Fig.7 Dispersion of steering angle and expectant course in case of pleasure

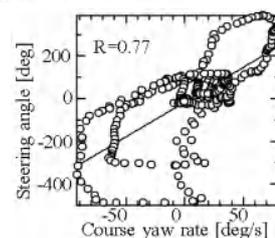


Fig.8 Dispersion of steering angle and expectant course in case of displeasure

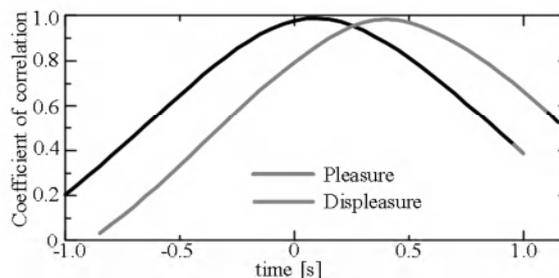


Fig.9 Coefficient of correlation between steering angle and course yaw rate (+ represents delay of steering angle)

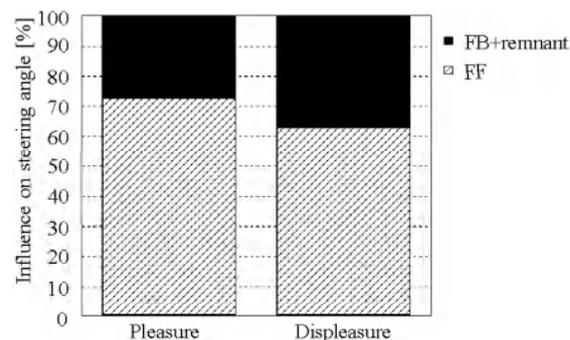


Fig.10 Influence on Steering

に、操舵した結果を確認し車両の安定性を確保する操舵および外乱に対する修正のための操舵・不随意に行う操舵（フィードバック成分およびレムナント）が存在するとされている(11)。そこで、実験で得られた操舵角よりフィードフォワード成分を差し引くことにより、フィードバック成分とレムナントの合成値を算出した。そのフィードフォワード成分、フ

フィードバック成分およびレムナントの絶対値の積分を100%表示した図を図10に示す。楽しかったときはフィードフォワード成分が増加し、フィードバック成分およびレムナントが減少している。楽しくなかったときはフィードフォワード成分が減少し、フィードバック成分およびレムナントが増加していることがわかる。操舵においてフィードフォワード成分が増加しているということは、「思った通り運転できたから楽しい」の「思った通り

運転できた」部分に相当すると考えられ、解析的にドライバが思ったとおり運転できたと感じた走行を推定できる可能性を示すものである。

図11図12に、楽しかったとき楽しくなかったときの操舵角の絶対値に対して、時系列的にフィードバック成分およびレムナントの割合を表示した図を示す。図中の数字は図5中の数字に対応しており、瞬目の減少が見られたカーブの頂点である。楽しかったときは楽しくなかったときと比較して、カーブの頂点を通過した後のフィードバック成分およびレムナントの成分が少ないことがわかる。その傾向は特にカーブ3、5に顕著に現れており、楽しくなかったときはカーブ頂点を通過後、期待コースに戻るためのフィードバック成分による操舵が増加していることがわかる。この際の、走行後被験者が白地図に記入した感想を見ると、楽しかったときはカーブ3、5において「コースどりイメージ通り」、楽しくなかったときはカーブ3において「アクセルを放すのが遅れた」、カーブ5においては「スピードを落とすすぎた」と述べており、楽しくなかったときは加減速制御を誤ったため、それが操舵のフィードバック成分およびレムナントの増加の要因になったと考えられる。時系列的に見ることで、被験者が各カーブにおいて思った通りの運転ができたと感じたかどうかを推定できる可能性を示した。

5. ま と め

「思った通り運転できたから楽しい」という運転の楽しさについて、概要の把握と解析的に運転の楽しさを把握する可能性の検討を行った。その結果を以下に示す。

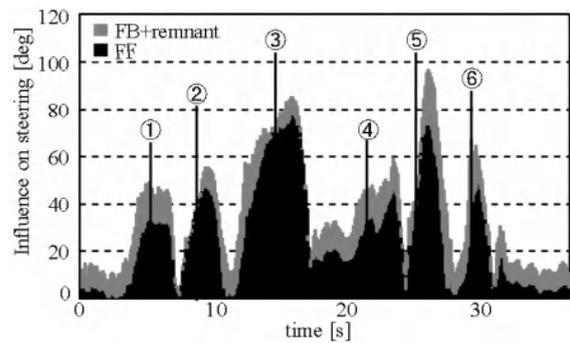


Fig.11 Influence on Steering in pleasure

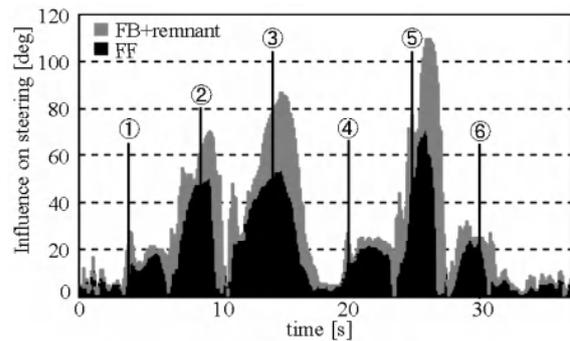


Fig.12 Influence on Steering in displeasure

- (1) ドライバは走行イメージを持っており、その走行イメージから外れた場合、走行イメージに戻るための運転を行う。
- (2) ドライバの操舵は、目標コースによるフィードフォワード制御が主であり、フィードフォワードおよびレムナント成分が多いということは思ったとおり運転できたというドライバーが感じたということと関連がある可能性を示した。

参 考 文 献

- (1) 栗谷川幸代, 景山一郎: 機械操作時における心負担推定に用いる心拍変動モデルの構築, 日本機械学会論文集(C編), Vol.60, No.643, p.836-842(2000)
- (2) 磯村有宏: 運転者の緊張度分析, 自動車技術会学術講演会前刷集 924, p.193-196(1992)
- (3) 羽根義: 快適性の概念とその側面, 人間工学, Vol.29, No.2, p.49-57(1993)
- (4) 富田幸佳, 景山一郎: ドライバの心理的状態と車両運動との関連に関する研究, アドバンティ 2003 シンポジウム講演論文集, p.27-30(2003)
- (5) 富田幸佳, 景山一郎: 自動車を操作する人間の心理的状態推定に関する基礎的研究, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.33-02,