

心理的負担指標を用いたドライバーの道路走行環境の分析

Analysis of Driver's Circumstance Using Mental Load

屋井研究室 99M35114 内田 智也 (UCHIDA, Tomoya)

Keywords: 心理的負担、RR 間隔、道路評価

Mental-Load, RR-interval, Road Evaluation

1. 背景・目的

自動車を運転する際にドライバーは様々な周辺交通環境によって人間内面への負の影響を受けている。この人間内面への負の影響はこれまでその存在の確認と定量評価が困難であったが最近の研究でそれらが可能になってきている。とはいえ分析におけるサンプル数の問題、負担量算出の際の指標化の問題、操作挙動やITS との関連が未分析、分析地点が偏っており不十分といったように未だ多くの問題点が残されている。そのため交通環境の整備効果分析といったような実務へ普及させるためには更なる検討が不可欠な状況となっている。そこで本研究では交通環境による人間の内面への負の影響を「心理的負担」と定義し、自動車運転、中でも潜在的な危険性を多く指摘されている都市内道路を運転する際を考え、前述における多くの問題点を検討すると共に、どのような交通環境のもとで、一体どのような負担がどの程度、どんな要因により発生しているのかをより詳細かつ多角的に分析し、また実際に心理的負担の軽減が可能であるか検討することを目的とする。

2. 心理的負担の測度

自動車運転時におけるドライバーの負荷を扱う測度として血圧、RR 間隔、発汗、皮膚電位、顔面温度等多くの方法が提案されているが、秒レベルでの連続計測が可能、反応の精度が非常に高い、医療分野を中心に多くの利用実績がある、運転への支障度が極めて低い、蓄積データの活用、などを考慮し本研究で用いる心理的負担の計測方法として RR 間隔を選択した。この RR 間隔とは心電波形における最も顕著な突出点である R 波と次の R 波との時間間隔を指すものであり、この RR 間隔が大きくなると心拍数は減り、安静状態に近づ

く。逆に、RR 間隔が小さくなるに従って心拍数が高まり負担状態へと変化していく。

なおこの RR 間隔を計測する機器としてホルター心電計を用いた。

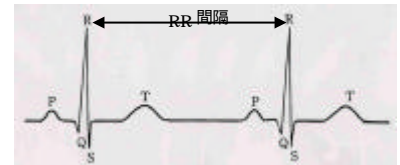


図 1：心電図における RR 間隔

3. 走行実験データの集計分析

個人別の分析はこれまでも行われてきたものの、集計的な分析はなされていない。そこで本年度及び過去 2 年に取得した首都高における走行実験データを用いて、統計的な分析を行った。実験概要を表 1, 2 に示す。なお被験者 4 では 2 年に渡って、被験者 12 では車両を変えて 2 日間に渡り実験を行っているのでそれぞれを 4-1, 4-2 のように分類した。

表 1：実験コース

コース 1	2 号線天現寺ランプ 大井 JCT
コース 2	1 号線芝浦ランプ 2 号線天現寺ランプ
コース 3	2 号線天現寺ランプ 都心環状線芝公園ランプ
コース 4	都心環状線内回り (八重洲線経由)
コース 5	5 号線池袋ランプ 5 号線北池袋ランプ

表 2：被験者情報

被験者 ID	年齢	性別	実験年度	走行コース	走行回数	天候	備考
被験者 1	40代	男	1998	コース12	3	晴れ	
被験者 2	30代	男	1998	コース12	3	晴れ	
被験者 3	20代	男	1998	コース12	3	晴れ	
被験者 4-1	20代	男	1998	コース12	3	晴れ	
被験者 4-2	20代	男	1999	コース1-4	2-3	晴れ	
被験者 5	20代	男	1999	コース1-4	2-3	晴れ	
被験者 6	20代	男	1999	コース1-4	2-3	晴れ	
被験者 7	20代	男	1999	コース1-4	2-3	晴れ	
被験者 8	60代	男	1999	コース1-4	2-3	晴れ	プロ
被験者 9	50代	男	1999	コース1-4	2-3	晴れ	プロ
被験者 10	20代	男	2000	コース5	8	曇り	
被験者 11	20代	男	2000	コース5	10	曇り	
被験者 12-1	20代	男	2000	コース5	17	晴れ	
被験者 12-2	20代	男	2000	コース5	14	晴れ	
被験者 13	20代	男	2000	コース5	17	曇り	

注：プロとはタクシードライバーを指す

3 - 1. 本研究で用いる指標の説明

本研究では心理的負担量としていくつかの指標を用いる。そこで各指標の特徴、負担量算出方法および適用を表 3 にまとめた。なお単位時間負担量の算出法については図 2 に示した。またその際の算出式も (1) 式に示した。

表3：各指標の説明

	特徴	算出方法	適用
単位時間負担量	負担の絶対量が把握できる。ただし個人差は全く考慮されない	RR間隔がある基準値より小さい時、その差を累積し、走行時間で除す 図2および式1を参照	絶対的な負担量や負担差を把握する場合、個人内における負担量を把握する場合
標準化単位時間負担量	負担が大きくor小さく出やすいといった個人差を抑えることができる	データを平均0、分散1で標準化した上で、上と同じ処理を行う	個人差を考慮した上で複数被験者の負担量を読み取る場合
順位負担量	各個人を完全に対等に扱える。ただし大が小関係のみを考慮するので負担量差の細かい差は出てこない	区間における平均RR間隔が大きい順(すなわち負担が少ない順)に1,2,3...と順位を与えていく。区間数が最高点(最高負担量)となる	全被験者合計の負担量を算出する場合

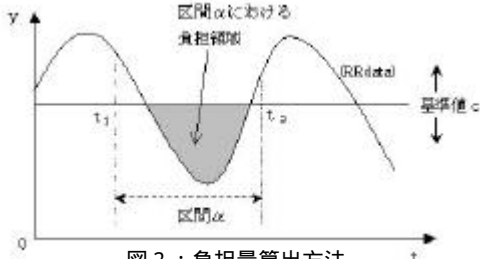


図2：負担量算出方法

$$(mental\ load)_a = \int_{t_1}^{t_2} (y - c) dx \quad y < c \dots (1)$$

ただし、c：基準値(定数) t₁~t₂：区間時間

3-2. 基準値の検討

各被験者がどのような地点で負担を受けているかを調べる前に、慣れや疲れの影響が心理的負担量にどの程度影響を及ぼしているのかを調べた。方法としては単位時間負担量における基準値の値を全て一定(全走行の平均RR)として各走行回における単位時間負担量を調べた。

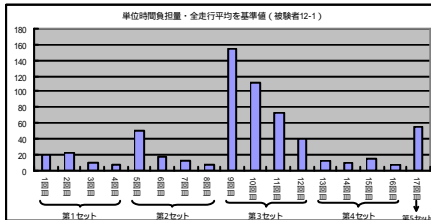


図3：走行回数別負担量(基準値一定、被験者12-1)

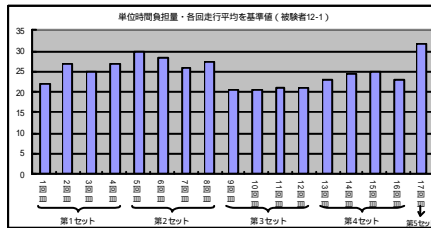


図4：走行回数別負担量(基準値変動、被験者12-1)

結果の一部を図3に示す。なお実験は走行4回を1セットとし、セット間では十分な休憩を取っている。これらの図より以下のことが読み取れた。

- ・セットの中では負担量は減少傾向 慣れの影響
- ・後半のセットは負担量大 疲れの影響
- ・最終セットは負担が低い傾向 (終りが近いという) 心理的影響

・個人により第1セットが負担量大 慣れの影響

よって慣れ、疲れなどの影響がノイズとして負担量値に影響していることが推測される。そこでこのノイズを除去し、各走行回のデータを対等に扱うため単位時間負担量における基準値を走行回ごとの平均に取り図3と同様に負担量を求めた。その結果図4のように走行回数における負担量値の差が大きく減少しており、ノイズは大幅に除去できたと言える。そこで本研究では基準値をこのように走行回毎に取ることにした。なお基準値として走行平均RR、直線部の平均RR、安静時の平均RRの三者を比較したところ、走行平均RRにおいてのみ負担量が極端に小さく算出されることがなく、最も安定的であったので、本研究ではこの基準値を用いることにした。

3-3. 被験者別に見た負担発生地点

各被験者がどのような地点で負担を受けているのかを調べるため、各区間の単位時間負担量を算出した。結果を図5に示す。図より負担量の表れ方には大小個人差があることが読み取れる。被験者2では単位時間負担量が全体的に大きい一方、被験者8,9では負担量が非常に小さく抑えられている。

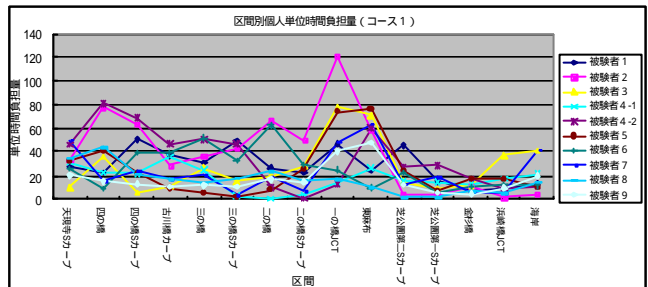


図5：区間別単位時間負担量(コース1)

このように個人差が存在することを更に詳しく調べるため、一元配置分散分析を用いた被験者間分析を行った。データとしては特定区間における各被験者各走行回の単位時間負担量を用いた。また走行回数の確保の問題から分析対象としてはコース5の各区間とした。その結果表4のように全5区間中4区間において有意差が見られると判定が出た。すなわち負担発生傾向を調べるとき、単位時間負担量では個人間を直接対等に比較できないことが分かる。

この個人差を考慮するため標準化単位時間負担量を用いて各区間各被験者の負担量を算出した。結果を図6に示す。標準化する前のデータに比べて個人差が大きく緩和されていることが分かる。そこでこの図を用いて各被験者の負担発生傾向を調べることとした。その結果複数被験者で大きな負担が発生している地点として以下のような地点が挙げられた。

表4：一元配置分散分析を用いた被験者間差の判定

	東池袋	日の出町第二カーブ	上池袋	池袋カーブ	池袋
判定	**	**	*	-	*

**：1%有意 *：5%有意

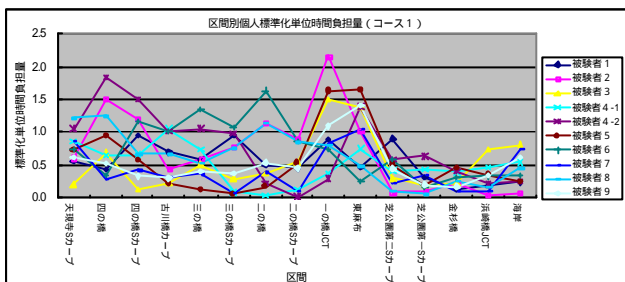


図6：区間別標準化単位時間負担量（コース1）

他車の影響を強く受ける区間

ランプ合流（海岸、東池袋）、車線変更（東麻布）

道路構造の影響を強く受ける区間

Sカーブ（四の橋 Sカーブ、神田橋 Sカーブ）、急なカーブ（汐留 JCT）、速度が出やすい一方、先にあるカーブ等により見通しの悪い直線（四の橋、麻布飯倉）

他車、道路構造両者の影響を強く受ける区間

JCT[合流]（一の橋 JCT、神田橋） JCT[被合流]（谷町 JCT）

（どれも全て厳しい線形の中での合流・被合流を課せられる）

このように心理的負担に影響を与える要因として、他車影響と道路構造の2つが大きく影響していると推測された。

3-4. 地点別に見た負担発生地点

次に各区間における全被験者合計の負担量を求めることにより、どの地点が平均的に負担が多く出やすいのかを調べた。

標準化単位時間負担量では個人差を考慮しているものの実際にどの程度差を埋められているかは未知であり、そのまま全被験者分足し合わせて合計負担量とすることには大きな危険性が残る。RR 間隔データから確定的に言えるのはあくまで大小関係のみなので、その大小関係のみを用いて負担量算出を行う指標である順位負担量を用いることとした。各個人において求めた順位負担量を区間ごとに全被験者分合計したもの（被験者総計順位負担量）が図7である。

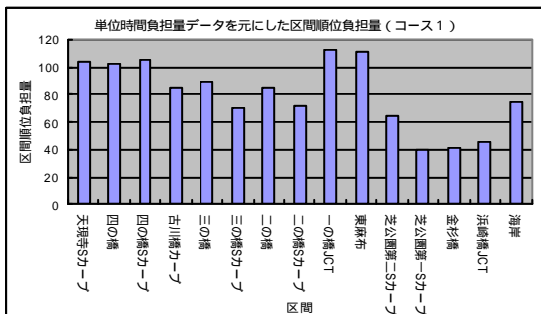


図7：区間別被験者総計順位負担量（コース1）

負担量が大きくなっている区間は3-1における分析とほぼ同様の結果となったが、天現寺 Sカーブや浜崎橋などの数区間では3-3の分析では負担発生地点と判断できなかったもの

の、被験者総計順位負担量により平均的には大きな負担が発生している区間だと分かった。逆に谷町 JCT では3-1では負担発生地点と判断されたものの、負担が低く抑えられている被験者も多かったため区間順位負担量は低く抑えられていた。

このように負担発生地点と言っても、多くの被験者が大きな負担を示す区間ばかりでなく、数名の被験者のみが大きな負担を示す区間や逆に極端に大きな負担を示す被験者はいないものの全体的に多くの被験者がある程度の負担量を示すため区間平均としては大きな負担となる区間があることが分かった。そしてそれぞれのタイプの負担発生地点を把握するには個人別、区間合計の両分析法が必要であることも分かった。

3-5. 道路構造別に見た負担発生地点

今度は各区間で求めた被験者総計順位負担量を道路構造別に合計し、どの道路構造において大きな負担が発生しているかを調べた。なお、各コースを対等に扱うため負担量データは被験者数および区間数で除したものをを用いた。

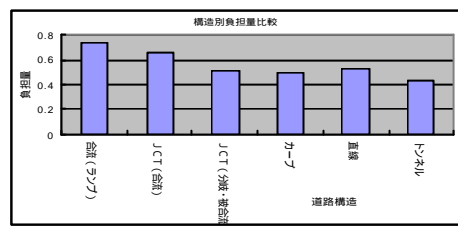


図8：道路構造別順位負担量

結果を図8に示す。図よりランプやJCTといった合流を含む区間で負担量が大きくなっていることが分かる。さらに構造別で負担量に有意差が見られるかを調べるため順位負担量における平均値の差の検定を行った（Welch の検定）。その結果表5に示すように合流を含む区間とそれ以外の区間の間で有意差が見られた。

表5：道路構造別負担量の平均値の差の検定結果

	合流	JCT(合流)	JCT(分岐・被合流)	カーブ	直線	トンネル
合流		-	-	-	-	-
JCT(合流)			-	#	-	#
JCT(分岐・被合流)				-	-	-
カーブ					-	-
直線						-
トンネル						

3-6. 被験者特性の把握と被験者の分類

単位時間負担量より得られたグラフをもとに各被験者がどのような区間で特に大きな負担が発生しているのかを調べた。

表6：各被験者における負担発生傾向

被験者	直線	カーブ	トンネル	車線変更	合流(JCT、ランプ)	被合流(JCT)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

大きな負担が発生しやすい場合 印

その結果が表6である。直線、カーブ、トンネルではその道路構造により心理的負担が大きく発生していると考えられ、車線変更、合流（ランプ、JCT）被合流（JCT）では他車の影

響により心理的負担が大きく発生していると考えられる。そこでこの分類を元に被験者がどちらの要因の影響を強く受けてかにさらに分類した。その結果表7のように道路構造に比べ、他車の影響を大きく受ける被験者が多いことが分かった。

表7：負担影響要因による被験者

道路構造の影響をより受けやすいグループ	同者の影響を同程度受けやすいグループ	他車の影響をより受けやすいグループ
被験者4, 6, 8, 9	被験者1, 2, 13	被験者3, 5, 7, 11, 12

また負担量の大きさと個人属性を比べたところ、負担量は日常における運転頻度に影響を受けるが、年齢や免許保有年数、運転に対する嗜好とはあまり相関が無いことが分かった。

4. 一般道における心理的負担分析

過去の研究において高速道路のデータは分析されてきたものの一般道データや、またその両者を詳細に比較した分析は無い。そこで本年度の実験では首都高のみでなく一般道もコースに加え、心理的負担分析を行った。

高速と一般道のどちらで負担が大きいかを比較すると、被験者により傾向は異なっていた。一般道で大きな負担を示す被験者は加減速や車両避けなどの他車の影響や、u-turnなど困難な運転状況の影響を強く受けている傾向が見られた。一方高速で大きな負担を示す被験者は合流前後の負担量が大きくなっており緊張の影響が大きく表れているものと推測された。なお特筆すべき点として「料金所」での負担量がみな一様に大きくなっており、料金・カード支払いと言った運転以外の行動が心理的負担に及ぼす影響の大きさを伺えた。

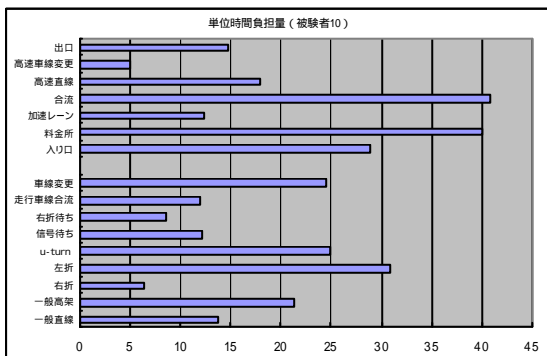


図9：区間別単位時間負担量（被験者10）

5. 運転操作との関連

また、ITSと心理的負担の関連も未だ研究がなされていない。そこで今回は合流部におけるドライバーへの情報提供に着目し、心理的負担との関連を調べた。

図10を見ると本線車がない場合、情報提供を行うと全体的に負担量が低く抑えられる傾向が見られる。一方本線車と遭遇する場合、情報を与えると心理的負担量が増加する傾向が見られた。これはドライバーの意識を高められる一方、過度の緊張を与えてしまうという問題点も含まれるものと考

えられる。以上のことから交通環境情報を提供することによってドライバーの心理的負担量を操作できることが伺える。ただしデータは分散が大きいためあくまで全体の傾向であるということをつけ加えておく。

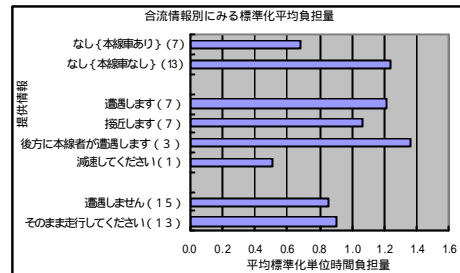


図10：提供情報別に見る平均標準化単位時間負担量

また昨年度の研究より合流部において主観的、客観的両評価において負担が大きいたことが確認されている¹⁾ので、合流部に着目し車両挙動及びドライバー挙動とRR間隔(微小な揺れの影響を考慮し5パルスの平均を用いた)の相関を秒単位レベルで分析した。比較挙動はブレーキ、速度、アクセル開度、車間距離、情報提供時刻、ミラー確認、他本線車、他合流車の8項目である。その結果全被験者でブレーキを掛ける直後でRR間隔が減少する傾向が見られた。車間距離の増加に伴いRR間隔が増加する傾向や、情報提供直後にRR間隔が大きく減少する傾向も1被験者を除いて見られた。またその他の要因も少数被験者で影響が見られた。

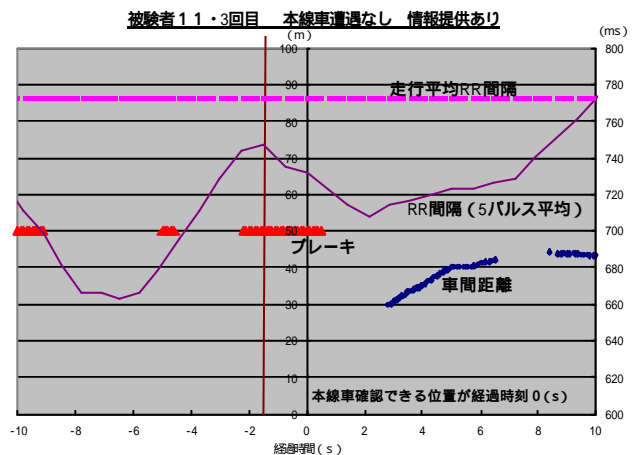


図11：合流部における車両挙動とRR間隔の比較

6. まとめ

- ・ 心理的負担計測における指標の検討を行った
- ・ 負担発生地点の把握や心理的負担の特性を各個人ごとおよび集計的の両面から分析した
- ・ 操作挙動やITSと心理的負担の関連を調べた
- ・ 心理的負担軽減可能性を調べた

1) 大橋、内田、屋井(2000)、「高速道路走行における心理的負担の計測と安全性評価に関する研究」、平成12年度都市計画論文集、pp.541-546、社団法人日本都市計画学会