

長距離トリップに伴う運転ストレスの測定—AHSの便益計測を念頭に—*

Examination of Driver Fatigue on Long Distance Trip: A survey toward benefit analysis of AHS*

岩倉成志**・西脇正倫***・安藤章****

By Seiji IWAKURA, Masa NISHIWAKI and Akira ANDOH

1. はじめに

長距離トリップの交通行動を論ずる上で、移動に伴う精神的、肉体的ストレスの蓄積は、重要なファクターであるにもかかわらず、この種のテーマに関する知見は土木計画学において十分ではない。ドライバーの疲労の管理や技術開発が進められている AHS やリニア新幹線、HST など、既存の交通機関に比べて乗車ストレスを大幅に改善、また逆に負荷が強くなると考えられる新たな交通機関の利用特性を把握するためにも人間の生理に与える影響の把握は大変重要な課題と考える。

従来、交通機関選択モデルの効用関数に組み込まれる変数には、所要時間や移動費用、運行頻度（待ち時間の代理変数）といった客観的に測定される経済的な選択要因が一般的であった。これに対し、森川ら(1993)は、快適性やイメージ、見栄といった心理的な選択要因を効用関数に組み込む技術を提供し、交通行動の解明に大きく寄与した。しかし、快適性を規定する主要因は、乗車中のストレスの強さが意識に作用するものと考えられるし、所要時間については、純粋な経済的利得に加えて、長時間乗車にともなうストレスの蓄積を含んだ代理変数となっていることが考えられる。よって、従来の経済的要因と心理的要因に加えてストレスを中心とする生理的要因に関する検討とこれらの相互作用を検討することが重要であろう。

これまで、土木計画学で取り扱われた交通行動とストレスに関する研究は僅かながら存在する。例えば、運研センター(1974)は、交通行動によるストレスを計測する方法論を整理するとともに、歩行行動について、エネルギー代謝率(R.M.R.)を用いた生体反応調査と意識調査の解析をおこなっている。また青山ら(1988)は、国際空港へのアクセス交通機関の選択要因に疲労度を取り入れており、疲労度の指標にエネルギー消費量が用いている。既往の研究は、いずれもストレス強度を表す指標にエネルギー消費量を用いている。このエネルギー消費量

は、吸気中に消費された酸素量をもとに算定される。しかし、歩行などの動的な筋労作に伴うストレス評価には向いているが、交通機関の乗車中などの静的な筋労作や精神的ストレスに対しての適応性は低い⁵⁾。

以上の背景から本研究は、心臓血管系ストレス指標として代表的な心拍間隔 RRI 指標を用いて自動車の長距離走行に伴うストレスの変動の計測を試み、ストレスの定量評価の可能性を探究した。なお、筆者らの念頭には、走行支援道路システム AHS の自動走行サービス AHS-a の需要予測および便益計測の方法論の確立がある。このため、助手席での長距離乗車を AHS-a の代替環境とみなして助手席乗車時の RRI の測定も併せて行った。

本研究は、緒についたばかりであり、未だ十分な知見を得るにいたっていないが、今後の課題も含めて問題提起を行うことを目的にまとめた。

2. 自動車の運転ストレスに関する最近の研究

本研究では運転ストレスと運転疲労とを同義として扱う。運転疲労の定義⁶⁾は ISO-6385 によれば、運転システムにおいて運転者の生理的・心理的状态を乱すように作用する外的条件や要求の総量を“運転負荷(外的負担)”、運転負荷が個人の特性や能力と関係して与える影響を“運転負担(内的反応)”とし、局所的あるいは全身的であるが病的でない運転負担の表れで、休憩によって完全に排除することができるものを指す。“完全に排除することができる”という件は抵抗があるものの、運転による外的負担(ストレッサー)が内的反応(ストレス反応)を生起させ、それによって身体疾患が発症しないものを運転疲労または運転ストレスと定義できる。

自動車技術会では自動車運転中の疲労度を定量的に計測する方法として、心拍間隔 RRI を用いてストレスを評価する研究が大変盛んである^{7),8),9),10)}。しかし、この方法も心的負担が高い道路構造であれば、安定的にストレスを評価できるが、高速道路といった比較的単調な運転を継続した場合のストレス解析には十分な成果が得られない可能性を、田口ら(1997)が指摘している。田口らはこのような持続的かつ微小なストレスの蓄積を評価する方法として代表的なストレスホルモンである尿中カテコラミンを採取し、アドレナリンやノルアドレナリンの分泌量を測定する方法の有効性を提示している。ただし、

*Key Words : 交通行動分析、ITS、交通手段選択、整備効果計測法

** 正 員 工博 芝浦工業大学工学部土木工学科

(東京都港区芝浦3-9-14, TEL5476-3049, FAX5476-3166)

*** 学生員 東京商船大学大学院流通情報工学専攻

**** 正 員 工修(株) 日建設計名古屋事務所計画室

永田ら(1996)の実験では、高速道路の長距離走行時でも RRI、尿中カテコルアミンとともに生体の緊張とストレスを表現できる客観的指標であると記されている。

さらに最近では Nakane et.al.(1998)が、唾液中クロモグラニン A が微弱なストレス評価の可能な高感度な指標であることを発表している。血中カテコルアミンが連続的な肉体運動負荷に対しても反応するのに対し、唾液中クロモグラニン A は精神的ストレスにのみ反応する指標であり、自動車運転のストレス解析に適当であるとしている。

以上から高速道路の長距離運転に伴う運転ストレスの生理的反応指標は決定的なものが存在せず、未だ模索状態と言えるが、RRI、尿中カテコルアミンおよび唾液中クロモグラニン A は有効な指標と言えよう。以下では、Cohen S. et.al.(1995)や Nakane et.al.(1998)などを参考に、これらの指標の特性を簡単に述べたい。

人体のストレスに反応する生体システムは、①自律神経系とくに交換神経—副腎髄質系 (SAM 系) と②視床下部—下垂体—副腎皮質系 (HPA 系) といわれている。ストレスが与えられると、上記の生体システムがこれに対抗するために反応し、ストレスホルモンの分泌や血圧、心拍数、発汗量の亢進や末梢血管の収縮が起こる。

心拍間隔 RRI は、心電図波形中もっとも波の高い R 波の間隔であり、心臓血液系のストレス指標である。心臓は、自律神経系の交換・副交感神経の支配下にあり、神経やホルモンの刺激を受けて心拍数が変化する。交感神経が活性化すると心拍数が上昇し、交感神経の活動が低下すると心拍数は低下する。逆に副交感神経が活性化すると心拍数を低下させ、活動が低下すると心拍数を上昇させる。このように、交感神経と副交感神経は互いに相乗、拮抗して心拍数を変化させるため、単純な RRI の変化のみでは、ストレス指標としては十分ではなく、心拍の変動などの指標などとあわせて検討する必要があるとされている。先述の田口ら(1997)の実験で RRI が有効とされなかった理由もこれに起因する。一方で計測に際しては、携帯型心電計 (ホルター心電計) を利用して簡便にかつ連続的に RRI を計測できることから毎時の行動、心的事象との対応を検討できることや解析処理が多様であるといった利点を有する。

カテコルアミンは、ストレス研究の中でもっとも一般的に使用されている神経内分泌物質であり、ストレスホルモン (特定の調整機能をもつ化学物質) の一種である。ストレスがかかるとカテコルアミンは、血中に分泌されて循環し、様々な器官系の代謝を促したり、刺激として作用する。カテコルアミンは血中や尿から採取されるが、血中のカテコルアミンは交感神経の反応にデリケートに反応することや被験者に対して侵襲的であることから尿から採取する方法が運転ストレス研究では一般的なようである。尿から採取するため、一定の時間をおく必要がある。例えば、永田ら(1996)は2時間おきに6時間の走

行を行っており、3時点のデータを採取している。このため、一定時間の平均的なストレスの影響を計測することになり、状況によっては不明瞭な計測結果となることがある。また、尿が作られて膀胱に送られるまでにかかる時間が解明されていないため、採取した尿がどの時点でのストレスに影響するのかが不明確などの問題も指摘されている。測定に際しては、血液や尿は酸化が起こりやすいことから、冷凍保存や防腐剤での対応が必要な点も運転ストレスの測定に不利な点は否めない。

クロモグラニン A は、副腎髄質クロム親和性細胞や交感神経ニューロンから分泌される主要なタンパク質の一種であり、カテコルアミンとともに細胞外へ共分泌されることが知られている。運転ストレスの主要な要因である精神的ストレスにのみ反応する指標であることから、研究事例の増加が期待される。なお、唾液中から採取するため、計測間隔の制約も少ないと言える。

3. 調査概要

以上のように生理的なストレス指標は、複数存在し、それぞれ得失がある。本研究では、長時間の自動計測を行うことができ、データの扱いも容易であることからホルター心電計を用いて RRI の測定を行うこととした。

使用した心電計は日本光電製 RAC-1202 で、24 時間のリアルタイム波形をメモ리카ードに記憶することがで

表 1 計測行程

モード	日付	起終点と経由地	距離 (km)	被験者	
				A	B
車	10.15	東京→仙台→青森	790	P	D
	↑ 10.17	岩手→福島→新潟→長野	780	D	P
	↑ 10.20	新潟→名古屋→岐阜	620	P	D
	↑ 10.22	東京→長野→新潟→富山	760	D	P
	↑ 10.24	金沢→新潟→甲府→東京	760	P	D
	↑ 10.29	東京→大阪→広島	780	D	P
	↑ 11.02	大阪→静岡→神奈川	580	P	D
	↑ 11.24	厚木→豊田→東京	650	P	-
	↑ 11.28	東京→豊田→厚木	610	D	-
	↑ 12.01	厚木→豊田→東京	640	D	-
	↑ 12.10	東京→名古屋→厚木	610	D	-
	↑ 12.12	東京→岡崎→東京	600	P	-
	↑ 12.14	厚木→豊田→東京	650	D	-
航空	11.20	東京→福岡	-	P	-
鉄道	11.23	福岡→大阪→東京	-	P	-
	↑ 12.04	東京→秋田→東京	-	P	-
	↑ 12.06	東京→鳥取→横浜	-	P	-
D : Driver P : Passenger					
平常時 A	10.7 10.8 10.9 11.18 12.22 12.25 12.27 01.07				
平常時 B	10.10 10.13				
睡眠時 A	12.18				

きる。この観測データを1分間平均の RRI に変換して運転ストレスを解析することとした。

表1に調査の行程を示す。計測を行った交通機関は、乗用車、航空機、優等列車の3種である。冒頭に述べたように、交通機関選択モデルにストレス要因を組み込むことが研究の目的であることから、離散型個人選択モデルの共通変数として使用できるように乗用車以外のモードの測定も行った。しかし、これらのモードは計測数が少ないため、本編では取り扱わず、今後の課題でふれることとする。また、生体には内因性概日リズムと呼ばれる生体リズムが存在し、非常にリラックスした状態でも RRI を変化させる。これを基底生理状態と呼んでいる¹⁰⁾。例えば、午前と午後で平均 RRI が異なる。運転ストレスの評価では、生体リズムの影響を取り除いて分析を行う必要があることから、平常時（階段昇降などの運動時は除く）の RRI の測定を計8日間行った。ただし、本研究は通常の生活を行っている状態で、特にリラックスした状態を設定してはいない。田口ら(1997)は被験者をリラクゼーションチェアに着座させ、環境音楽等を聞かせた状態で実験を行い、アドレナリンの分泌は、デスクワーク時に比べて基底生理時の方が平均で約2割低い結果が出たと報告している。長距離運転のストレスを分析する際に、基底生理時の測定を行い、RRI を補正することが、必要不可欠であるが、睡眠を伴わずに長時間リラックス状態を持続する測定環境を構築することは極めて難しいと言える。

概ね1日で700km前後を時速100kmの巡航速度で走行し、90分程度の走行後に、休憩を適宜20分程度とり、これを繰り返した。なお、昼食は1時間程度とっている。計測当初は様々な起終点で実施したが、11月24日以降は東名高速道路の東京―名古屋間を往復して測定を行った。また、被験者は2名（被験者A及びB）で、両名とも22歳男性、免許取得後3年を経過している。なお、計測に使用した乗用車は、セダン型1600ccのオートマチック車である。表1からわかるように、当初は2名で実施したが、被験者Bが喫煙者であることや、後述するように被験者Aに比べて拍動が激しく安定しないため、11月24日以降から被験者Aのみを対象にした。被験者Aは運転を7日間、助手席での移動を6日間行った。

本調査は、心電計による測定に加えて、走行途中の休憩の直前に被験者への意識調査を実施した。意識調査は、総合的な疲労意識として、“全く疲れていない”から“疲労困憊”までの7段階で行った。また、疲労の自覚症状の部位を特定する調査として表2に示す質問も併せて行った。これは日本産業衛生協会が提案しているもので、既往研究でも広く使われている方法¹⁴⁾をベースにして、運転ストレスの特異性に併せて若干の変更を行った。A群は眠気やだるさといった一般的な疲労症状、B群は注意集中の散漫といった心的疲労の症状、C群は身体の違和感や肩こりといった身体的な疲労症状となっている。

肉体作業ではA群が、神経的作業ではB群が卓越し、単調労働や不満の多い作業では作業時間の経過とともに訴え率が増加する¹⁴⁾。回答方法は“感じない”“少し感じた”“感じた”の3段階である。

車両には小型GPSを装着し、1分単位で位置情報データをストックするとともに、ビデオカメラを設置し走行環境を解析時に確認できるようにした。

表2 疲労に関する知覚項目

A: 一般的疲労症状	B: 心的疲労症状	C: 身体疲労症状
目が疲れる	気が散る	首や肩がこる
足がだるい	言いたいことがまとまらない	腰がいたい
あくびがでる	イライラする	手足がふるえる
眠い	運転に集中できない	まぶたや筋がピクピクする
頭がボンヤリする	ため息がでる	口が乾く
体が重い	ちょっとしたことが思い出せない	気分が悪い、めまいがする
ふらふらする	誤操作が多くなる	頭が痛い

4. 運転および乗車ストレスの計測結果

(1) RRI の測定結果

被験者Aの運転時(12月14日)、助手席乗車時(12月12日)のRRIの測定結果を図1に、平常時(12月22日)と睡眠時(12月18日)を図2に示す。図にプロットされた各点は時刻毎の1分間のRRI平均値である。

運転時は助手席時に比べて全般にわたってRRIが短いことがわかる。特に走行後半の15時以降はその差が顕著である。運転時のほうがストレスが強いことが表れていると言えよう。また、1日の中で周期的な変化が双方とも見られるが、生体リズムとの関係が考えられるので、後述する。平常時と睡眠時(昼間)を比べると当然ながら睡眠時のほうがRRIは長くなっている。平常時は非常に分散が大きいことも特徴的である。明確な傾向とは言えないものの、時間を経るにつれてRRIは長くなる傾向にあることも見てとれる。

(2) RRI 測定値の個体差について

被験者A(10月29日)と被験者B(10月24日)の運転時のRRIを比較したものが図3である。被験者Bが被験者Aに比べて20%程度RRIが短いこと、短い時間内での分散が大きいことがわかる。2名のサンプルであるが、個体差は大きく、平均的な経時的ストレス指標の作成は簡単ではないことが指摘できる。とくに高齢者の場合、生体反応の不活性が田口によって指摘されており、精神的には非常にストレスを受けていてもRRIの変化は若い年齢層に比べて小さくなる可能性がある。

(3) RRI 変動係数と調査回数

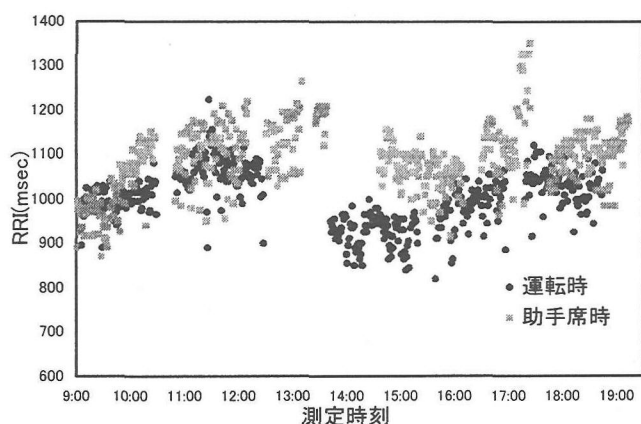


図1 被験者Aの運転時と助手席時のRRI

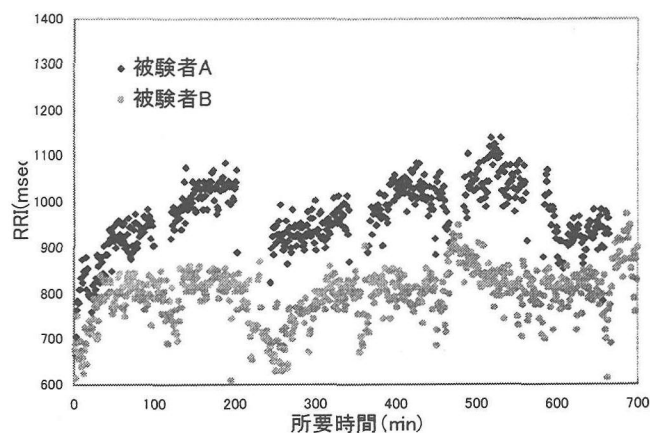


図3 被験者Aと被験者BのRRIの比較

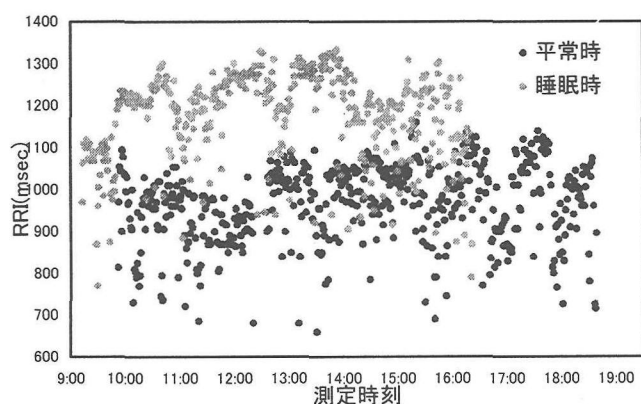


図2 被験者Aの平常時と睡眠時のRRI

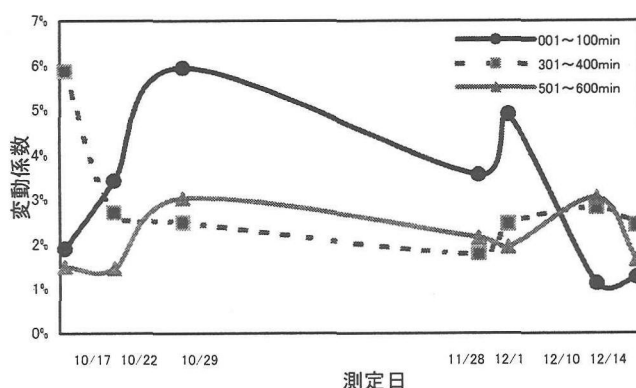


図4 被験者AのRRI変動係数の時系列変化

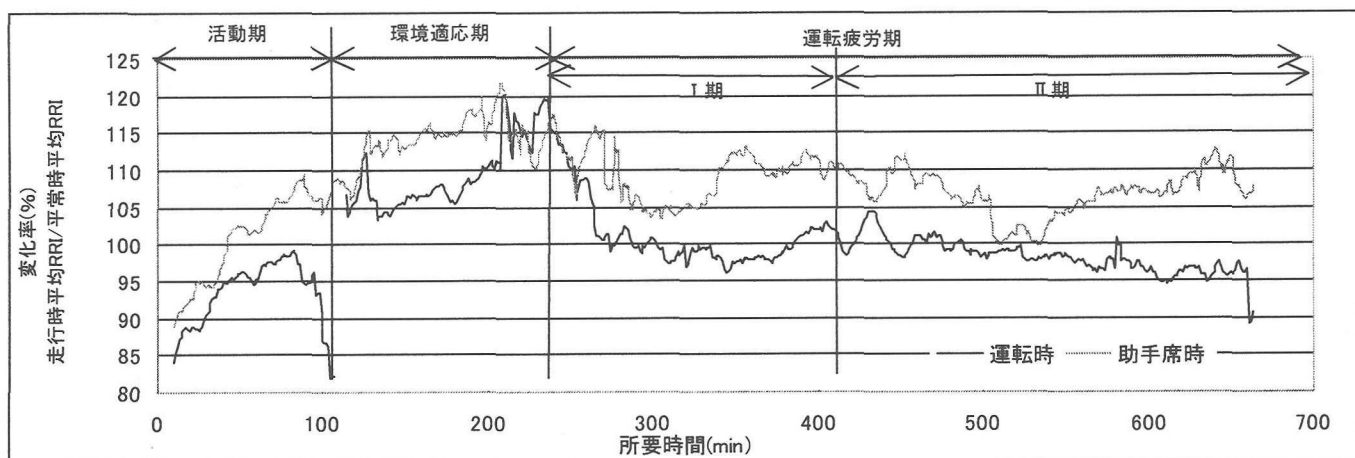


図5 被験者Aの運転時と助手席時のRRI変化率の比較

調査を重ねるにつれて RRI の変動は小さくなる傾向にある。図4は被験者Aの運転時のRRIの変動係数の経時変化を走行所要時間別に示したものである。運転初期から中期にかけては調査回数を増すにつれて変動が小さくなっており、一定の回数を実施しないと安定的な計測が行えないことが指摘できる。

この結果からサンデードライバーと習熟者、運転の経験年数、走行ルートの運転頻度によってドライバーのストレス評価が異なることが指摘できる。効用関数の推定時は留意すべき事項である。

(4) 運転時と助手席時のストレスの相違

以上の基礎的な検討をもとに、被験者Aの運転時と助手席時のストレスの定量化を行った。運転時7日間、助手席時6日間、平常時6日間のRRIを10分間で移動平均をとった後に、それぞれの日数で平均化したデータを作成した。図5に、このデータを用いて生体リズムを考慮したRRI変化率の経時変化を示した。すなわち、縦軸の100の位置が平常時のRRIと同値となり、100未満であれば疲労が増加、100以上であれば平常時よりリラックスした状態と言える。また、表3にRRI変化率の運転時と助手席時との差を検定した結果を示す。

表3 運転時と助手席乗車時の RRI 変化率のt検定結果

所要時間	Driver	Passenger	平均値の差	t 検定値
1~60	92.0	96.7	4.7	5.9
61~120	96.0	106.4	10.5	12.4
121~180	106.4	113.8	7.5	25.4
181~240	113.1	116.1	3.0	4.5
241~300	104.3	109.9	5.6	6.7
301~360	98.3	107.5	9.2	20.1
361~420	100.1	110.4	10.3	41.0
421~480	100.9	108.6	7.7	25.4
481~540	98.8	103.2	4.4	12.7
541~600	97.7	106.1	8.4	38.3
601~660	96.0	108.9	12.8	45.4
661~720	90.0	108.9	18.9	36.3

運転時、助手席時ともに、走行開始後約 200 分までは RRI が徐々に長くなり、以後、短くなり、300 分から 500 分ぐらいまで平衡状態が続く、500 分以降では運転時は RRI が短く、助手席では RRI が長くなった。橋本邦衛は運転時の疲労を概ね 3 期に分類できるとしている¹⁵⁾。第 1 期は、運転開始直後で運転に対する心身の準備から機能が高くなる活動期である。第 2 期は、諸機能の亢進が一段落し、運転条件や運転環境に対する適応が完成する時期である。第 3 期は、この適応が運転負担によって徐々にもしくは急速にくずれ、機能低下が表れ、的確な対応がとれなくなる疲労期である。これを本研究の結果に当てはめてみれば、第 1 期が走行開始後約 100 分まで、第 2 期が約 250 分まで、第 3 期は RRI が短くなりながらも平常状態を維持している約 400 分までの期とこれを保てなくなる 400 分以降の期に分類することができる。

第 2 期までは運転時と助手席時で差が存在するものの、運転時の RRI が助手席時より長くなる場合があるのが特徴で、両状況での明確なストレスの差がないと考えられる。運転疲労期になると運転時と助手席時の指標が交差することはなくなり、運転時は時間を経るにつれて RRI が短くなる傾向にある。一方、助手席時は 500 分を超えた頃から RRI が再び長くなっている。これは目的地に近づくにつれてストレスから開放されることを示しているものと推測される。運転時についても同様のことが言えるかもしれないが、現段階では識別できない。

以上の結果から運転時と助手席時で明確に生体反応が異なり、運転時のほうがストレスがより強いと言える。

(5) 疲労意識の経時変化

疲労意識の総合評価の結果を図 6 に、運転時の疲労自覚部位の表 4 に、助手席乗車時を表 5 に示す。これらは調査期間中の平均値である。総合的な評価結果から明らかに運転時と助手席時では異なることがわかる。運転時には走行開始後 400 分以降で明らかに疲労意識が高まる。この結果は、(4) の運転疲労Ⅱ期と一致し、RRI が有効なストレス指標であることを裏付けている。なお、総

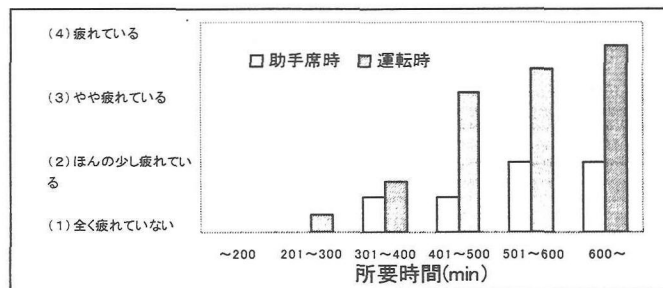


図6 被験者 A の疲労度意識

表4 被験者 A の運転時の疲労自覚症状

所要時間(min)	-200	201~300	301~400	401~500	501~
あくびが出る	45%	29%	17%	14%	7%
腰が痛い	14%	24%	22%	23%	23%
目が疲れる	9%	19%	17%	11%	16%
足がだるい	9%	19%	13%	11%	16%
眠い	9%	0%	13%	20%	7%
頭がぼんやりする	5%	5%	4%	11%	14%
全身がだるい	0%	0%	0%	0%	4%
いらいらする	0%	0%	4%	0%	0%
ためいきがでる	0%	0%	4%	0%	0%
誤操作が多くなる	0%	0%	0%	0%	2%
肩や首がこる	0%	0%	0%	6%	5%
頭が痛い	0%	0%	0%	0%	2%
口が乾く	9%	5%	4%	3%	5%

表5 被験者 A の助手席時の疲労自覚症状

所要時間(min)	-200	201~300	301~400	401~500	501~
あくびが出る	56%	29%	0%	0%	0%
腰が痛い	0%	0%	50%	67%	38%
足がだるい	0%	0%	50%	33%	13%
眠い	44%	57%	0%	0%	25%
頭がぼんやりする	0%	0%	0%	0%	13%
口が乾く	0%	14%	0%	0%	13%

合評価は 7 段階で行ったが、回答があったのは“疲れている”までで、5 段階以降の“かなり疲れている”、“非常に疲れている”、“疲労困憊”に対する反応はなかった。

表 4 をみると、時間が経つにつれて項目が増加していく様子がわかる。運転初期は、A 群の一般的な疲労症状が多いのに比べて、後期には B 群の心的疲労症状に対する訴えが多くなっている。表 5 の助手席時では、訴え項目も少なく、その大半は眠気にかかわる項目となっている。

5. まとめ

本研究は、AHS-a 導入時の需要予測および便益計測を行うことを念頭に、交通機関選択モデルに生理的要因であるストレス指標を検討し、長距離トリップに伴う心拍間隔 RRI を実測した。本研究の結果から運転時の RRI と助手席時のそれとは長距離走行において明らかに差が生じることが明らかになった。また、意識調査結果が RRI 変化率と整合し、長距離運転でストレスが発生することが裏付けられた。

また、AHS-a の利用特性把握のために以下のような課題が明らかになった。これらは今後の課題として継続し

て研究を行う予定である。

第1の課題は、本研究ではほぼ同一の700km前後の走行で測定したため、トリップの長短による傾向の把握ができていないことである。助手席時のRRI変化率にみたようにトリップの終了際でRRIが顕著に長くなる傾向があるが、これはトリップ長が異なっても発生するのかがわからない。トリップ長によって運転開始前のストレスも異なると想定されることから、トリップ長とRRIの関係を把握することが必要である。

第2の課題に、鉄道や航空など他モードの長距離乗車によるストレスの測定があげられる。計測値が少ないものの鉄道と航空に乗車した際のRRI変化率をみた限り、鉄道は運転時や助手席時とほぼ同様な傾向が出ているが、航空は定かでない。経験的には航空などの高速移動は、体に大きな負荷を与えるという印象があるため、計測事例を増して傾向の把握を行うことが必要と考える。

第3の課題は、上記の課題に即して測定例を増した後の交通機関選択モデルの開発およびAHS-aによる疲労度の改善効果の計測である。既に平成7年の幹線旅客純流動調査の個票データを利用して、4.(4)で得られたストレス指標を効用関数に組み込み、パラメータの推定を行い、AHS-a導入前後の選択確率の変化と一人あたりの便益を試算した。全くの試算値ではあるが、ストレス指標は有意であったし、時間評価値も若干減じられた。詳細な検討を今後行っていきたい。

— 謝 辞 —

本研究は、文部省科学研究費（奨励研究（A）12750485）の研究助成を受けて実施した。また、心拍測定機器の一部は東京工業大学屋井教授よりお借りした。ここに記して感謝する。本研究の被験者は当研究室の学生である小森賢君と堀江史教君であるが、過酷な測定にご協力いただいたことを深く感謝したい。

— 参考文献 —

- 1) 森川高行, 佐々木邦明(1993)主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル, 土木学会論文集 No.470, pp.115-124
- 2) 運輸経済研究センター(1974)交通の質 I

- 3) 青山吉隆, 芝原靖典, 岩瀬広, 村上幸二郎(1988)交通機関分担モデルにおける影響要因選定の分類と構造に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.6, pp.193-200
- 4) P.A.Desmond(1998) Driver Fatigue: Performance and State Change. In: Managing Fatigue in Transportation, (Laurence Hartley eds.) ,Chap.4, pp.65-76, Elsevier Sci. Ltd.
- 5) 谷島一嘉(1983)自動車運転中の眠気と覚醒方法, 人間工学 Vol.37, No.5, pp.486-491
- 6) 水野康文・横山清子・高田和之(1997)“自覚症状しらべ”による二輪車・四輪車運転時の疲労感評価, 人間工学 Vol.33, No.3, pp.183-192
- 7) 永田晟, 津田行代(1996)長距離運転時における尿中カテコールアミンと心電図 R-R 間隔の変動, 自動車技術 Vol.50, No.7, pp.49-54
- 8) 水野康文(1996)心電図 R-R 間隔による運転疲労評価法の研究, 自動車技術会論文集 Vol.27, No.3, pp. 101-106
- 9) 茂吉雅典, 横山清子, 吉岡貴芳ほか(1996)高速運転の長時間運転における心電図 R-R 間隔時系列の揭示変化, 自動車技術会論文集 Vol.27, No.3, pp.107-112
- 10) 田口敏行, 稲垣大, 永井孝幸, 石川浩(1997)長時間運転時のドライバ疲労に関する考察, 自動車技術会論文集 Vol.28, No.1, pp.77-82
- 11) 田口敏行, 稲垣大(1999)ドライバの運転疲労における上下振動の影響, 自動車技術会論文集 Vol.30, No.2, pp.93-97
- 12) Nakane H. et.al. (1998)Salivary Chromogranin A as an Index of Psychosomatic Stress Response, Biomed. Res., 19-6, pp.401-406
- 13) Cohen S., R.C.Kessler, L.U.Gordon (1995) Measuring Stress: A guide for Health and Social Scientists (小杉正太郎監訳(1999)ストレス測定法, 川島書店)
- 14) 長沢有恒(1990)人間の疲労度について, 自動車技術 Vol.44, No.10, 86-93
- 15) 大久保堯夫(1985)運転時間と運転者の心身負担, 人間工学 Vol.21, No.1, pp.29-34
- 16) 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会編 (1995) 産業疲労ハンドブック, 労働基準調査会

長距離トリップに伴う運転ストレスの測定—AHSの便益計測を念頭に—

岩倉成志・西脇正倫・安藤章

長距離トリップの交通行動を論ずる上で、移動に伴う精神的、肉体的ストレスの蓄積は、重要なファクターであるにもかかわらず、この種のテーマに関する知見は土木計画学において十分ではない。本研究は、心臓血管系ストレス指標として代表的な心拍間隔 RRI 指標を用いて自動車の長距離走行に伴うストレスの変動の計測を試み、ストレスの定量評価の可能性を探ったものである。

Examination of Driver Fatigue on Long Distance Trip: A survey toward benefit analysis of AHS

By Seiji IWAKURA, Masa NISHIWAKI and Akira ANDOH

Automated vehicle control systems can have a dramatic impact on movement of people and goods. Highway travel on automated vehicle control systems would be far less stressful in AHS environment than on current highways. This paper is to examine the relation between driver's trip length and physical stress using electrocardiogram.