

運転ストレスに着目したAHS-aの便益計測



h97073 西脇 正倫

指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

ITS (高度道路交通システム) プロジェクトに含まれるAHS-a (走行支援システムによる完全自動走行)の導入により、事故の減少、渋滞緩和、環境問題に効果が期待されている。筆者は、さらにドライバーへの負荷とともに疲労が軽減すると考えているが、その視点での議論は希薄である。こうした事象の利用者便益を計測するためには、交通行動分析において生理的要因を考慮する必要があるが、その手法は、確立されていない。例えば、従来の交通機関選択モデルには、計測が容易である所要時間、移動費用といった経済的な要因を効用関数の変数に組み込む例が多く、疲労という生理的な要因を変数に組み込んだ例は、極めて少ない。

本研究の目的は、交通移動に伴う疲労の定量化方法の検討と実測調査を行う、疲労要因を組み込んだ交通機関選択モデルの構築、疲労度の軽減が交通機関選択行動に及ぼす影響を考察し、AHS-a利用者の便益計測を行うことにある。

なお、本稿では、特に 便益計測に用いる疲労度の定量化の方法とその結果について述べる。

2. ストレス計測方法

人間工学の分野では、運転時における疲労指標についてカテコールアミン等のストレスホルモン、フリッカ値、脳波、エネルギー代謝率等、多数報告されているが、心拍のR波とR波の間隔であるRRI (R-R間隔: 図-1) はデータ取得が比較的簡易ながらも精神的疲労の指標として有効であることが多くの研究が例示されており、被験者に負荷を与えない等の理由から、本研究において疲労の生理的指標として、採用した。

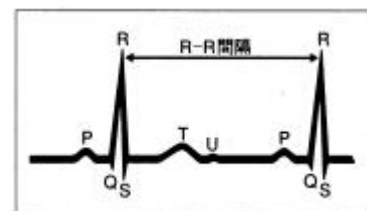


図-1. 心電図の波形

RRI は、心臓交感神経と心臓副交感神経の支配を受けている。交感神経は、負荷に対して抵抗するため体を活性化して拍動を速めさせる神経であり、副交感神経は、休息を要求するため拍動を制御する機能である。身体的負荷、精神的負荷により、心臓交感神経の亢進が起これば、RRI は短縮し、心拍は上昇するため、ストレスに应答すると考えられている。

3. 乗車疲労調査の概要

調査目的：幹線交通機関（自動車、鉄道、航空）を利用した長距離トリップに伴う乗車疲労を心電計、意識調査によって計測する。

調査方法：行程を表-1 に示す。長距離運転として600km以上を走行し拍動をホルター心電計により継続して計測する。自動車（高速道路）については、片方が運転、他方がAHS-aを想定し助手席に同乗した際の拍動を計測する。また人間の1日の生体リズムを考慮するため、日常時(デスクワーク時)と睡眠時についても計測を行う。併せて疲労意識調査をする。被験者は男性2名(22歳)である。

4. 分析結果

(1) 基礎解析

2名の被験者のうち、変化が明確に現れた被験者の移動平均を施した数日にわたるRRIを運転時、助手席時別に平

表-1. 調査日程

調査日	H氏	K氏	調査経路
10月17日	運転	助手席	岩手～愛知
10月22日	運転	助手席	東京～福井
10月29日	運転	助手席	東京～広島
11月28日	運転	助手席	東京～愛知～東京
12月1日	運転	助手席	東京～愛知～東京
12月10日	運転	助手席	東京～愛知～東京
12月14日	運転	助手席	東京～愛知～東京
10月15日	助手席	運転	東京～青森
10月20日	助手席	運転	新潟～東京
10月24日	助手席	運転	石川～東京
11月2日	助手席	運転	大阪～東京
11月24日	助手席	運転	東京～愛知～東京
12月12日	助手席	運転	東京～愛知～東京
11月20日	飛行機		東京～福岡
11月23日	優等列車		福岡～東京
12月4日	優等列車		東京～鳥取～東京
12月6日	優等列車		東京～秋田～東京
10月7日	日常		
10月8日	日常		
10月9日	日常		
11月18日	日常		
12月22日	日常		
12月25日	日常		
12月27日	日常		
1月7日	日常		
10月10日	日常		
10月13日	日常		
12月18日	睡眠		

均し、日常時 RRI の平均で除した変化率と所要時間の関係を表したものを図-2 に示す。運転時と助手席時では、運転時における拍動が速いと表-2 の t 検定結果より判断できる。分散において F 検定を行うと、480 分までは、差が採択される時点が混在するが、480 分以降は、有意な差が認められ、運転時と助手席時の変化動向の違いが顕著となっている。

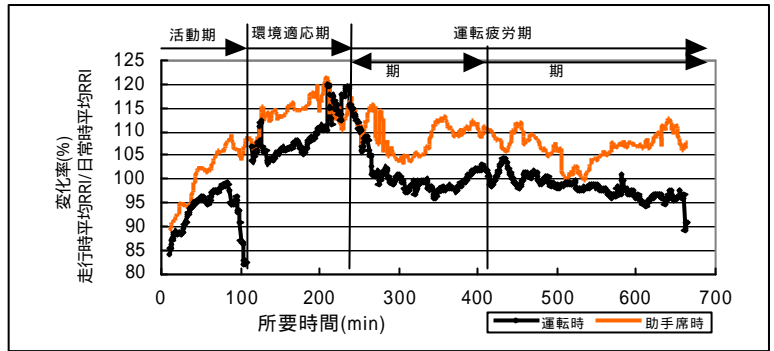


図-2. 所要時間と RRI 変化率の関係

運転時の過程は3期に分かれるという報告がある 第1期は、運転に対する心身の準備により心身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、走行環境への適応が完成する時期である。第3期は、適応が運転負担によって徐々に、または急速に崩れていき、機能低下が現れる疲労期である。今回は、第1期が運転開始から約100分まで、第2期が約250分まで、第3期が約250分以降と推測できる。運転疲労期をさらに分けると、約300分で日常時より機能低下しながらも約400分までは、ある程度のレベルを維持可能な期と約400分以降の日常レベルを維持できず低下する期に分けることができる。また期から運転時と助手席時の変動の概形が異なっていく。

表 2. RRI 変化率の差の検定結果, () 標準偏差

所要時間	運転時平均	助手席時平均	平均値の差	t 値
1~60	92.0 (3.51)	96.7 (4.43)	4.65	5.88
61~120	95.6 (5.98)	106.4 (1.78)	10.45	12.37
121~180	106.4 (1.73)	113.8 (1.48)	7.48	
181~240	113.1 (4.21)	116.1 (2.76)	2.95	4.52
241~300	104.3 (5.02)	109.9 (3.96)	5.56	6.73
301~360	98.3 (1.04)	107.5 (3.38)	9.16	20.05
361~420	100.1 (1.70)	110.4 (0.95)	10.31	40.99
421~480	100.9 (1.68)	108.6 (1.66)	7.73	25.38
481~540	98.8 (0.73)	103.2 (2.57)	4.37	12.66
541~600	97.7 (0.99)	106.1 (1.39)	8.44	38.34
601~660	96.0 (0.80)	108.9 (2.04)	12.84	45.37
661~	90.0 (0.81)	108.9 (1.44)	18.93	36.28

助手席時は、日常時より安静している。エンジンの単調音に包まれ、運転操作が無いことからドライバーよりさらに単調な刺激環境となり心地よい眠りに誘われ、心身ともに安静化し、覚醒低下が起きているといえる。助手席時の RRI 変化率は、到着が近づくにつれ上昇しているが、被験者が調査終了後の感想として、到着時間が近づくにつれ「あともう少し」というストレスから開放される精神状態があると答えている。運転疲労期の RRI 変化率を所要時間による低下と到着が近づくにつれての上昇を念頭に、ドライバーの RRI 変化率を表す関数を以下に示す。

$$F(t) = -0.0254t + 2.0259 / (T - t) + 112.1049 \quad [F(t): RRI \text{ 変化率 } \quad t: \text{ 所要時間 } \quad T: \text{ 到着時間 }]$$

運転疲労期において T=660 と設定すると、相関係数 0.86 となる式が構築できているが、RRI の挙動の解明が十分でないため参考程度にとどめる。

(2) RRI と主観評価の関係

図-3 に示す疲労度に対する7段階による主観評価は、運転時、助手席時共に時間の経過につれて増加する。主観評価によっても運転時と助手席時の疲労度の違いが示された。所要時間250分までは、疲労度1のみ訴えており、活動期、環境適応期が疲労期ではない事と対応がつけられる。

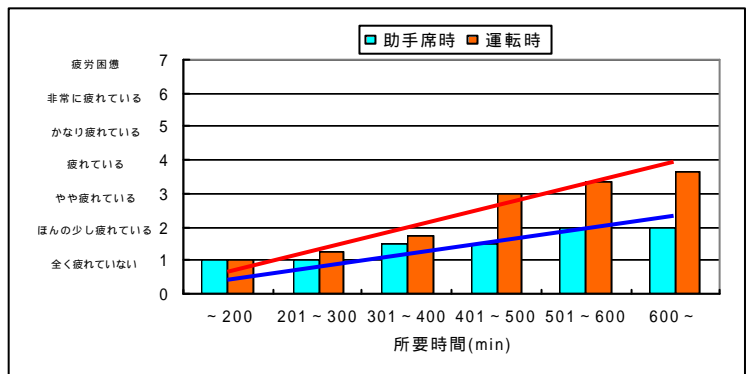


図-3. 主観7段階疲労評価の時間変化

運転時における RRI 変化率と項目別主観的評価の重回帰分析の結果を表-3 に示す。項目別主観評価は、「一般的な疲労症状」、「心的疲労症状」、「身体症状」の21項目からなっており、頭が痛い、口がかわくといった「身体症状」についての項目が RRI 低下と関係がある。また反応項目の種類数は、運転開始時より到着につれて、増加していた。

表-3. 重回帰分析結果

	変数	係数	値
一般的	目が疲れる	2.46	0.72
	足がだるい	1.59	0.57
	あくびが出る	-0.83	-0.41
	眠い	-3.45	-1.81
	頭がぼんやりする	-6.57	-1.80
心的	全身がだるい、体が重	-0.22	-0.04
	ため息が出る	-4.48	-0.56
身体	誤謬が多くなる	2.87	0.35
	肩や首がこる	2.95	0.60
	腰が痛い	-0.31	-0.13
	頭が痛い	-10.71	-1.26
	口がかわく	-7.77	-1.99
定数		103.76	24.95
相関係数 R=0.86		サンプル数 n=7	

5. まとめ

長距離運転に伴い、疲労指標である RRI 変化率が明らかに低下し、疲労の定量分析が行え、運転時と助手席時の疲労度の違いが把握できた。この RRI 変化率データを幹線交通機関モデルの効用関数に組み込んでパラメータ推定を行い AHS-a 導入による疲労軽減量を効用値の差分で算出することで利用者便益計測を行うことができる。