

道路交通環境を考慮した発汗量予測モデルと交通事故との相関に関する研究
A Study of the Correlation Between Traffic Accidents and Predictive
Models of Perspiration Caused by the Road Traffic Environment

深谷 実*・高橋政稔*・栗本 譲*

Mimoru FUKAYA*・Masami TAKAHASHI*・Yuzuru KURIMOTO*

ABSTRACT: Drivers have to act carefully and judge changeable road traffic conditions in an instant. Driving is not a heavy physical burden, however, it is mentally exhausting. Nervous stress can be induced by the excess of stimulation from outside the vehicle - other traffic, pedestrians etc.

This study is a clarification of the proven correlation between traffic accidents and perspiration level (a phenomenon which is a physiological reaction to driving) by analyzing the stress of driving objectively.

This study also investigates the correlation between a predictive formula model of levels of perspiration and the road traffic environment, and indicates the need to draw up safety facility plans in order to avoid traffic accidents by improving the road traffic environment.

KEYWORDS : ROAD AND TRAFFIC ENVIRONMENT, SWEAT AMOUNT, TRAFFIC ACCIDENT

1. はじめに

社会問題の中でも特に交通死亡事故は、深刻であり一時一万人を割る処まで減少した交通死亡事故者数が昭和55年から再び増加に転じ、昭和63年には13年ぶりに一万人を超え、その後現在まで交通死亡者数が一万人を超えるペースで増加している。

交通事故防止を目的とした研究は数多くあるが、わが国では史上最悪の交通事故者数を記録した昭和45年前後から研究が増加し交通死亡・重傷事故を研究対象としたものが多く、交通事故の危険度の評価や都市間もしくは地域比較を中心とした研究^{1)~3)}、交通事故統計原票や道路台帳のデータを使用した道路の幾何構造と交通事故との関係についての研究等^{4), 5)}が主であった。

Robert Hermann⁶⁾らによって交通環境の特性を示す巨視的パラメータとして有用であるとして提案されたアクセレーションノイズ (Acceleration Noise) は、アクセレーションノイズが大きい道路では自動車の円滑な走行を阻害する要因を多く含み、道路交通の安全性・円滑性の面から何らかの問題点があり、小さい道路では、走行を阻害する要因が少ないとする考えに基づいていた。アクセレーションノイズや区間平均速度などの走行特性や交通事故に関する研究は、高田・栗本⁷⁾やKamal Shoarian Sattari, David Powell⁸⁾の研究があるが、いずれもアクセレーションノイズの測定精度および対象路線長がかなり粗く交通事故防止対策に利用できる精度の具体的成果はいられていない。また、野田⁹⁾らは、単路部におけるアクセレーションノイズ値と交通事故との相関を求めることにより交通事故多発区間での予測が可能であることを立証した。

しかしながら、今日の交通事故の特徴として、若者や高齢者が運転して起こす交通事故は、自動車の性能

の著しい向上による車両系と人間系及び道路環境のアンバランスから発生しているとの指摘が多い。そこで交通事故予防として車両系の対策と共に、人間系に関する対策も重要となり従来から行われていた運転者の運転負担度を運転者の主観的官能評価法によるだけではなく、客観性や再現性に優れた生理情報に着目し、生理学的に分析する研究が行われるようになってきた。心身状態の中で、事故に直結する覚睡度を測定し“居眠り運転”を禁止しようとするもので、心電図を基にした心拍数の変動と覚睡度に関する研究^{10) - 12)}や指先の血流を表す指先脈波から覚睡度等により“ゆらぎ”を求める研究^{13)・14)}がなされてきた。また、運転教習用シミュレータの運転者の運転状態における発汗現象を生体反応として捉え、発汗量を直接的に連続測定することで、その発汗変化と肉体的・精神的運転負担度との関係¹⁵⁾が求められた。また、道路走行の危険性および安全性を指標化する脳波を取り上げ走行安全性に関する道路環境要因を見いだす研究^{16)・17)}も行われている。しかし、これらの研究は、いずれも基礎的な研究段階であり交通事故防止対策に利用できる評価はまだ得られていない。

運転者の運転負担度を客観的に評価しうる要因（アクセレーションノイズ、心電図、発汗量及び脳波）と交通事故との関係を記したが、いずれの研究も基礎的な研究であり街路での道路交通環境の改善に利用しうるものではない。著者等の経験^{7)・8)}によればアクセレーションノイズは、測定用自動車にノイズ測定器搭載の費用がかかると共に比較的短区間での計測が困難である。心電図は計測が比較的容易であるが、その解析にはFFTやAR（Autoregressive）モデルによる方法が用いられることが多いがこの方法では多くのサンプルの平均的な値でなので、短時間の意識変化を簡単な演算でリアルタイムに計測する必要性¹²⁾がある。また、脳波は、医用工学の機器を用いるため費用がかなり高額となり現段階で一般的に実用化が難しい。これに対して人間生体の生理的反応の一つである発汗現象のうち精神性発汗は、生体の意識変化に応じて極めて短期間に順応し発汗することが知られており^{18) - 20)}、発汗データの収集も容易であり道路交通環境が大きく変化する街路での交通事故分析に適した客観的な要因と思われる。

そこで本研究は、試験車を都心部の街路で走行させることにより得られた発汗量と道路交通環境および個人特性との関係を明らかにし、道路交通環境及び個人特性を説明変数とする発汗量予測モデルを構築した。ついで発汗量予測モデルを街路に適応して得られた発汗量予測値と交通事故との相関を求めることで交通事故多発地点の予測が可能であることを立証した。また発汗量予測モデル式を用いることで道路交通環境の改善等により交通事故防止のための安全施設計画を立案する上できわめて有用であることを示した。

2. 発汗現象

2. 1 発汗現象

人間の発汗現象は生体を維持するための重要な機能の一つである。発汗作用によって生体は正常な状態に保たれ、周囲の環境に適応している。発汗現象^{18)・19)}は一般に、暑熱負荷に際して現れる温熱性発汗と、精神緊張や情緒興奮によって起こる精神性発汗とに分けられる。温熱性発汗は肉体的運動・労働などによって生じ、それによって主に体温の調節を行っているのに対し、精神性発汗は手掌、足底で常温下でもみられ、覚睡時は通常いくらか出ているが、精神興奮時に相対的な増加を示している。

皮膚からの不感蒸泄（不感蒸散）量は気温・湿度などの環境条件や運動など身体側の条件によっても変動するし、体の部分によってもかなりの差がある。衣服で覆われている部分は少なく、顔面や四肢とくにその先へいくほど多くなる傾向が見られる²⁰⁾。

2. 2 発汗量

発汗量の測定には、換気カプセル法を応用した皮膚の局所部位を覆うカプセルを窒素ガスで換気し、その気湿の増加分を測定する連続発汗測定装置を用いた。測定装置は、被験者の身体の一部に検出用のカプセル

(皮膚接触面積 1cm^2)を貼布装着し、カプセル内の汗線より流出する汗を運搬媒体の窒素ガスによって細ビニール管を通じて測定器内に導入し、連続的に直接水分量($\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$)の測定を行うことができる。したがって皮膚電極法などと比べて身体部分の動きによってノイズが混入することなく、安定した測定が可能である。

精神刺激に対する発汗反応を求めるために室内実験を行った。被験者は17～24歳の被験者4名、60歳以上の被験者2名の計6名である。実験は室温 32°C で首、腹および手掌(親指)に検出用カプセルを貼布し6分間計測した。最初の3分間は安静・定常状態で、その後1分間を簡単な四則演算をなした後、再び安静・定常状態で2分間発汗量を測定した。なお、ある被験者の暗算部分の前後1分間の発汗量を図-1で示す。

首(平均値 $0.139\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$)、腹(平均値 $0.148\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$)の発汗量に対し親指(平均値 $0.643\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$)の値が極めて高いことが分かる、特に暗算部分では首、腹では殆ど発汗量に変化が見られないのに対し、親指では大きく変化し暗算部分では $0.745\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$ なのに対し暗算区間前で $0.582\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$ 、後で $0.600\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$ となり親指での精神性発汗が顕著であることが明らかとなった。なお、実験室における被験者全体での発汗量を表-1で示す。

本研究では被験者の右親指に換気カプセルを装着し調査した。発汗量データの測定には、発汗測定装置(HIDROGRAPH AMU-100)を使用した。データの収集及び発汗量の解析システムを図-2で示す。

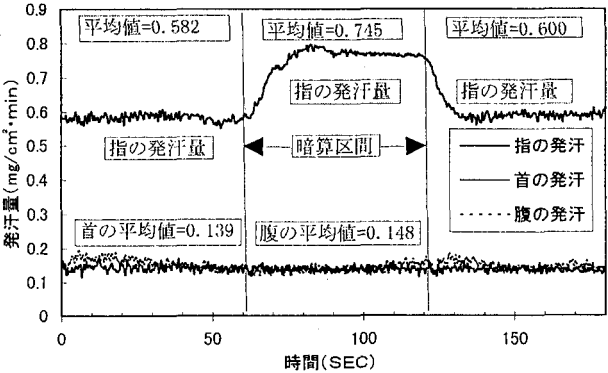


表-1 実験室内での被験者の発汗量

被験者	若 年 者				高 齢 者	
	A	B	C	D	E	F
首の発汗量	0.129	0.131	0.186	0.154	0.172	0.153
腹の発汗量	0.148	0.137	0.201	0.170	0.180	0.148
右親指 暗算部分	0.745	0.832	0.702	0.656	0.739	0.854
手指 平常状態	0.591	0.680	0.551	0.502	0.584	0.701
掌 両者の差	0.154	0.152	0.151	0.154	0.155	0.153

(単位: $\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$)

図-1 精神刺激に対応した発汗量の分布図

3. 発汗データの収集と交通事故

3. 1 実験区間

名古屋市南部の港警察署管内は、交通事故多発県である愛知県内でも比較的交通事故の多い区域である。この区域の中を縦貫する東海通線を選び実験経路とした。経路は直線道路で両側2または3車線(一車線幅員 3.0m)で両側に歩道 2.3m が設置されており、道路両側には家屋や商店が密集した区域である。交通量も約 $94,000$ 台/24時間と多く、信号は面制御されている。

実験経路は、名古屋競馬場-港区南陽町の 4.875m を選んだ、この区間には信号交差点18箇所を含み、中央分離帯で区分されているためそれぞれ上下方向を別区間として分離し、さらに経路を 375m 区間に区切りこれらに一連番号1～26を付与した。一連番号1～13は上り方向(至四日市市)、一連番号14～26は下り方向(至岡崎市)である(図-3)。

3. 2 発汗量データの収集

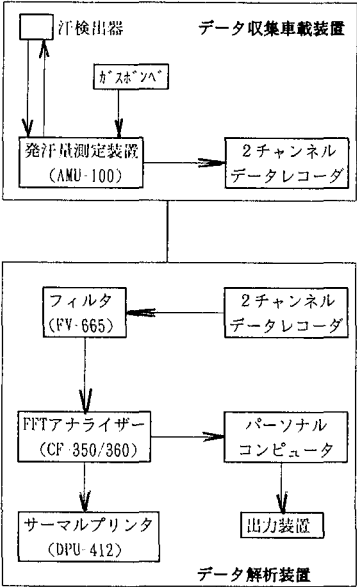


図-2 発汗量解析システムの構成

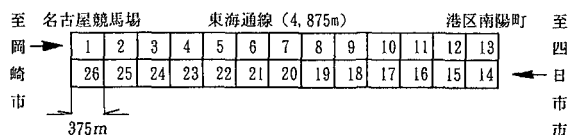
表－２ 実験経路内での交通事故件数と平均発汗量

() は人身事故件数で内数である。

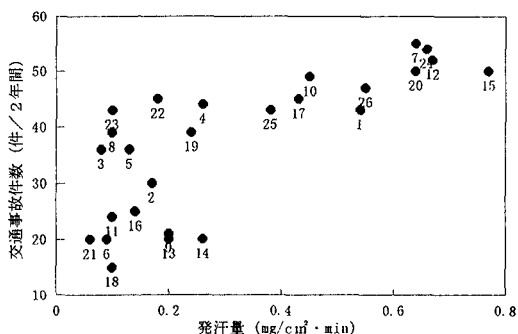
区 間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
交通事故	43(8)	30(7)	36(8)	44(9)	36(8)	20(9)	55(11)	39(10)	21(6)	49(23)	24(4)	52(11)	20(3)
発汗量	0.543	0.168	0.084	0.257	0.129	0.094	0.644	0.101	0.199	0.453	0.104	0.674	0.197
区 間	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
交通事故	47(10)	42(15)	54(10)	43(6)	45(14)	20(5)	50(9)	39(10)	15(3)	45(24)	25(3)	50(11)	20(3)
発汗量	0.552	0.411	0.657	0.103	0.184	0.061	0.637	0.244	0.103	0.427	0.144	0.773	0.264

ただし単位は 交通事故数：件／2年間、275m

発汗量：mg/cm²・min



図－３ 実験経路上の区間番号



図－４ 交通事故件数と発汗量との相関

事故多発者が17～24歳及び60歳以上の人達が多いため、17～24歳から4名、60歳以上から2名を被験者（発汗反応を求めたときと同一被験者）として採用した、乗用車は日頃自分が使い慣れた車両を使用することにした。また、計測は平成7年12月5日～15日の間に発汗量測定機器を搭載し実験経路を昼夜それぞれ往復4回走行する実測を行った。なお、走行時の要領は、できるだけ規制速度（50km/k）以下で、かつ走行車両が多いときは前車の走行速度にあわせて走行するよう指導した。全被験者の各区間での平均値を表－2で示す。

3. 3 交通事故データの収集

実験経路内で平成4、5年内に発生した物損事故（4年：4,362件、5年：4,522件）、人身事故（4年：852件、5年：794件）のデータの内、事故当事者のプライバシーに関する部分を除いたデータを人身・物損事故報告書から入手した。これらのデータを実験区間に割り当てたものが表－2である。

表－2で示した交通事故件数と発汗量との関係を各区間ごとに示したのが図－4であり、図中の数字は区間番号である。両者の関係は $y = 24.03 + 417.81x$ (y :交通事故件数、 x :区間発汗量) で標準偏差0.756とあまり良い相関ではなく、交通事故件数が比較的多くなると区間発汗量が大きくなっている傾向がみられるが、具体的に交通事故多発地点がどこかを示す指標とはなっていない。

4. 道路交通環境を考慮した発汗量予測モデル

4. 1 予測モデルの一般式

運転者は、刻一刻と変化する道路交通環境の中でさまざまな対応を瞬間的に判断し行動している。運転者にとって運転することは肉体的にさほど大きな負担ではないが、外界から多くの刺激を受けて緊張度が高まり精神的な負担が大きいといわれている。したがって、運転者の個人特性、昼夜別、交差点の形態、車線数、道路の勾配、バス停の数、車道への出入口数、車道への測道の有無及び標識等により運転者の判断で、より安全と思われる走行速度を保持しながら道路を走行しているものと考えられる。そこで精神的発汗量は道路

交通環境の関数として下式のように表すことができる。

$$P = a + \sum b_i \cdot X_i$$

ただし P：精神的発汗量 (mg/cm²・min)

a：定数値

b_i：説明変数の定数値

X_i：個人・道路交通環境の説明変数

そこで、測定した精神的発汗量を外的基準として、調査した個人・道路交通環境を説明変数として両者の相関を求めた。

4. 2 道路交通環境データ

実験経路上の道路交通環境は各区分ごと交差点の形態（交差点の数で、大型は両交差点道路とも 13.5m 以上の場合、中型は5.5m以上、小型は 5.5m以下とした）、車線数、車道への出入口（有料駐車場、商店への駐車場及び個人使用駐車場からの出入口の数）、車道への側道数（車道からの分岐する道路の内、進入（行）禁止規制標識の有無により、一方向道路、進入禁止道路、規制なしの道路数）、バス停の数、道路勾配及び標識（警戒、指示、規制標識を規制標識、案内標識の数）を求めたものを表－3 で示す。

4. 3 重回帰分析

数量化理論Ⅰ類による分析より得られた発汗量予測モデルを表－4 で示す。本分析に用いたサンプル数は 1,248 個であり、外的基準の平均値は 0.19074、外的基準との重相関係数は0.848で、発汗量の変動のうち個人特性・道路交通環境の各条件によって、おおよそ71.9%が説明できる。

外的基準に最も高い影響をおよぼす項目は、“小型交差点数”でカテゴリー係数は、“2 個”の時 1.175 と高く、“なし”の時-0.354でそのレンジは1.529となり、偏相関係数も0.7585と最も高い値を示している。

表－4 数量化理論Ⅰ類による発汗量予測モデル

表－3 道路交通環境データ

区間	交差点数			出入口数	側道数	バス 勾配%	標識							
	大型 交差点	中型 交差点	小型 交差点				案内 標識数	規制 標識数						
1	1	0	0	2	2	7	0	0	1	0	1	7		
2	0	1	0	2	0	7	1	0	0	1	0	0	12	
3	0	2	0	2	0	5	4	0	0	2	1	0	0	12
4	1	1	0	3	0	4	6	0	0	2	1	0	3	9
5	1	0	0	2	3	2	4	0	0	2	1	0	2	6
6	0	1	0	2	2	6	6	0	0	2	0	0	2	8
7	1	0	0	2	0	8	2	2	1	0	1	0	1	7
8	0	2	0	2	1	2	1	1	0	0	1	0	1	14
9	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	15	0	4	
10	0	0	2	2	0	2	0	1	1	0	-5	1	1	12
11	0	0	1	2	0	14	5	1	0	1	1	0	1	6
12	0	1	1	2	0	18	0	0	2	1	0	0	0	10
13	0	1	0	2	0	6	2	1	0	2	0	0	2	7
14	0	1	0	3	0	11	0	1	0	2	1	0	1	12
15	0	0	1	3	2	12	0	0	0	2	1	0	1	14
16	0	0	1	2	0	5	6	0	0	3	1	0	1	4
17	0	0	2	2	1	3	1	1	0	0	0	15	1	10
18	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	-5	0	8
19	0	2	0	2	4	6	2	0	1	0	0	0	0	16
20	1	0	0	2	0	6	5	2	2	0	2	0	1	20
21	0	1	0	2	0	11	0	2	1	0	0	0	1	14
22	1	0	0	2	4	8	0	0	1	1	1	0	0	9
23	1	1	0	3	0	6	1	0	0	1	1	0	1	19
24	0	2	0	2	0	7	1	0	0	4	1	0	0	13
25	0	1	0	2	5	8	1	1	1	0	0	0	0	17
26	1	0	0	2	3	11	0	0	0	1	1	0	1	10

説明変数	カテゴリー	サンプル数	スコア	レンジ	偏相関係数
走行速度	20km/h以下	228	-0.0088	0.0173	0.0784
	40km/h以下	723	-0.0070		
	40km/h以上	297	-0.0103		
若年齢	若年齢	624	0.0065	0.0135	0.0616
	高齢	621	-0.0067		
	昼	780	-0.0697		
林夜別	夜	468	-0.1162	0.1860	0.6531
	なし	864	-0.1345		
	1個	384	0.3027		
大型交差点	なし	576	-0.3321	0.4373	0.7153
	1個	480	0.1918		
	2個	192	0.5169		
中型交差点	なし	864	-0.3539	0.8490	0.7609
	1個	288	-0.6701		
	2個	96	1.1747		
小型交差点	なし	768	-0.1590	1.5287	0.7585
	1個	96	-0.3924		
	2個	144	0.2788		
有料駐車場	3個	96	0.3113	1.1172	0.6804
	4個	96	0.7248		
	5個	48	0.4201		
店駐車場	なし	96	-0.2586	0.7913	0.716
	2個	192	-0.0582		
	4個	96	-0.0318		
出入口数	6個	336	-0.0331	0.9713	0.716
	8個	240	0.3373		
	12個	192	-0.0479		
一方通行	なし	816	-0.2212	1.2206	0.7324
	1個	288	0.4272		
	2個	144	0.9993		
進入禁止	なし	912	-0.5644	1.0399	0.7145
	1個	288	0.1532		
	2個	48	0.4755		
規制標識	4個	96	0.2200	0.8588	0.6656
	8個	336	0.0363		
	12個	432	-0.1589		
案内標識	16個	240	-0.0416	0.8588	0.6656
	20個	144	-0.6387		
定数項			0.19074		

次いで” 車道への一方向道路”でカテゴリ係数は” 2 個”の時0.999、” なし”の時 -0.221で、そのレンジは1.221と高く、その偏相関係数も 0.7324で、小型交差点数、一方向側道数が発汗量に大きな影響を与えていることがわかる。

次いで” 有料駐車場への出入口数”でカテゴリ係数は、” 4 個”の時最大で0.725で、” 1 個”の時-0.392でそのときのレンジは1.117である。なお、カテゴリ係数” 5 個”の時、カテゴリスコアが 0.420とカテゴリ係数” 4 個”のスコアより小さな値を示すのは、比較的短区間に出入口数が多く為ったため、運転者がこの状態になったものと考えられる（サンプル数が少ないためあまり明確ではないが）。

また” 走行速度”の影響はそれほど高くなくレンジ0.0173（偏相関係数0.0784）で” 20～40km/h”の時0.007と正で在るがそれ以外の時は発汗量を押さえる方向に作用している。

” 高齢者、夜間走行”の場合、” 若齢者、昼間走行”時より低い発汗量であり、” 交差点数（大、中、小型）有料駐車場への出入数”及び” 一方向側道数”が増えると発汗量が増大することがわかる。また、” 規制標識”が” 16個”を越すとカテゴリスコアの値が減少するのは、表－3から標識数が多い区間は比較的連続していること、短区間内に標識が2個1組で設置されているとしても、40m間隔ごとに設置されているので運転者が安全側に考えたものと思われる。

5. 発汗量予測値と交通事故との相関

道路交通環境を説明変数とする発汗量予測モデル式によって求められる発汗量予測値と実験に使用した東海通線の各区間で発生した交通事故件数との関係を比較検討し、交通事故多発区間の特定と道路交通環境の改善等による交通事故防止のための安全施設計画が可能であることを示す。

5. 1 交通事故

被験者の年齢が17～24歳、60歳以上のため、実験区間の全事故を被験者の年齢に合わせるため集計を行った。人身、物損交通事故当事者の内第一、第二当事者が被験者の年齢に合致するもののみを集計したが全事故の68.2%の658件であった、これらの結果を表－5で示す。

表－5 17～24、60歳以上の交通事故件数と発汗量予測値

区 間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
交通事故	25	22	28	28	18	14	37	29	16	30	12	47	16
発汗量	0.537	0.139	0.051	0.234	0.104	0.057	0.608	0.072	0.169	0.422	0.067	0.639	0.174
区 間	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
交通事故	27	30	38	28	27	16	28	25	9	29	22	39	20
発汗量	0.518	0.379	0.627	0.074	0.158	0.073	0.609	0.208	0.074	0.403	0.109	0.743	0.231

ただし単位は 17～24歳、60歳以上交通事故数：件/2年間、275m
発汗量：mg/cm²・min

5. 2 発汗量予測値の推定

数量化理論Ⅰ類の分析により、重回帰式が得られた。なお、重相関係数は0.848である。そこで、表－3の道路交通環境データを使用して実験区間内の発汗量予測値を求めたのが表－5である。なお、事故当事者の走行速度が不明なため20～40km/hとし、若高齢・昼夜の平均値を求めた。

5. 3 交通事故と道路交通環境との相関

実験経路の発汗量予測値と交通事故との分析を行うために、両者の各区間における発汗量予測値と交通事故発生件数との相関を図－5で示す。なお、図中の数値は区間番号である。図－5より発汗量が0.45（mg/

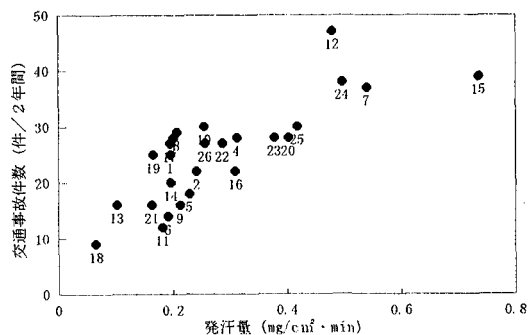


図-5 交通事故件数と発汗量予測値との相関

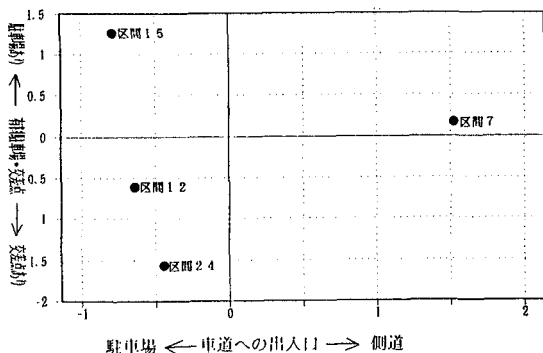


図-6 数量化理論Ⅲ類のサンプルプロット

表-6 数量化理論Ⅲ類のサンプルスコア

説明変数	ベクトルの次元	
	1次元	2次元
大型交差点	1.0211	0.4330
小型交差点	0.8058	0.8018
小型交差点	-0.9204	0.8620
駅前・駅前	-1.0119	3.3282
駅前・駅前	0.0991	0.4931
一方通行	2.0211	0.4330
進入制限	2.0211	0.4330
規制標識	0.0991	-0.4931

表-7 事故類型

事故類型	区間7	区間12	区間15	区間24
側面衝突	2	7	10	13
追突	5	4	5	0
接触	5	10	7	8
追突	14	18	10	11
その他	4	4	3	2
車両単独衝突	7	4	4	4

cm²・min) 付近を中心に左右に交通事故発生比率が分離していることが判る。右上は交通事故件数の多い区域、左下は交通事故件数が右上より少ない区域である。これより今回の被験者の平均値として発汗量が0.45 (mg/cm²・min) 以上になる区域は交通事故件数が急増加している区域で在ると考えて良いであろう。区間10及び25の交通事故件数30件に比べて、区間7は37件と前者の約1.23倍となっている。

区間7, 12, 15, 24の事故内容を明らかにするため、表-4で得られた説明変数を用いて、表-3の道路交通環境データから得られた数値を使用して数量化理論Ⅲ類により分類した結果を図-6で示す。なお、表-6は数量化理論Ⅲ類のサンプルスコアである。

区間7は、横座標“車道への出入口”の大型地域(側道等の出入数)に位置し、これに対して他の区間は小型地域(駐車場等の出入口)に在ることがわかる。また、区間15は、縦座標“有料駐車場と交差点”の内有料駐車場が多い区域に位置するのに対し、区間12, 24は中型交差点のある地域である。

さらに、交通事故の事故類型を明らかにするため、収集した交通事故データから区間7, 12, 15, 24及び被験者の年齢に応じた交通事故を取り出したものが表-7である。事故類型で最も多いのは、車両相互による追突で32.9%、次いで側面衝突の19.9%、接触の18.6%である。なお、車両単独による衝突も11.8%見られた。

図-6の分類図と表-3の道路交通環境データ及び表-7の事故類型から区間7は、車道への側道が在るため車両単独衝突事故が多く、区間12は中、小交差点と店の駐車場への出入口が多いため接触事故が多い。また、区間15は規制標識の数及び車道への有料駐車場出入口が多いため側面衝突が多い、区間24は有料・店の駐車場への出入口及び規制標識が多いため特に側面衝突が多く見られるようである。なお、いずれの区間も追突事故が多く、最小区間でも25.6%と多い。

6. おわりに

本研究では、発汗量が道路交通環境により変動することに着目し、大都市内の幹線道路で実測し得られた発汗量と道路交通環境に関連する説明変数とを重回帰し、得られた予測モデルから求められた発汗量予測値と交通事故発生件数との関係を比較検討することにより、発汗量予測モデルは交通事故多発地点の予測、道

路交通環境の改良及び新設により交通事故防止対策にきわめて有用であり、次のことが明らかとなった。

6. 1 数量化理論Ⅰ類による重回帰分析の結果、発汗量予測モデルは、説明変数（走行速度、若高齢、昼夜別、大型交差点、中型交差点、小型交差点、有料駐車場出入口、店駐車場出入口、一方向側道、進入禁止側道および規制標識）との重相関係数は0.8480となり、道路交通環境及び個人特性により71.9%が説明可能となり良好な予測モデルとなった。

(1) 交差点の有無によって発汗量に与える影響大きさが異なり、特に小型交差点の有無がもっとも大きく、ついで中型交差点である。なお、小型交差点が区間内に2個の時の影響が最も大きい。交差点が”ない”場合は、発汗量の値を減少させている。

(2) 一方向通行側道の有無により発汗量が増加しているが、側道が増加するに従い発汗量も増加している。

(3) 有料駐車道への出入口数は、”2個以上”になれば発汗量が増加しているが、”2個以下”の場合は減少している。

(4) 進入禁止側道数により発汗量が増加しているが、進入禁止側道数が”なし”の時発汗量が減少するがそれ以外の時は増加している。

(5) 昼夜別の発汗量は、夜間の値が少なく、昼間の値が大きい。

(6) 規制標識数は、個数が16個以上になれば発汗量の値を減少させる。

6. 2 発汗量予測モデルのカテゴリーで説明した説明変数の場合、求められる発汗量予測値と交通事故発生件数との相関関係は極めて高いことが明らかとなった。

交通事故防止のために、道路の改良や新設に当たり以下のことを考慮する必要がある。

(1) 車道へ流入する進入禁止側道や一方向通行側道は、車両単独衝突事故が多く発生するので標識、照明等の補助標示が必要と思われる。

(2) 小型交差点と中型交差点の間隔が小さいと、接触事故が多発するので両交差点間隔をなるべく大きく取るか、両交差点の信号同期化を計るべきである。

(3) 有料駐車場への出入口が多い場所では、側面衝突事故が発生している。特に駐車場からの出口部分に運転者が直ちに認識できる明確な標識を構築する必要がある。

(4) 店の駐車場への出入口が多い場所では、接触、側面衝突事故が多い。駐車場からの出口部分に標識を作る必要がある。

(5) 規制標識（規制標識、指示標識、警戒標識）数が”12個以上”の場合、発汗量を増加させる効果があるので、規制標識を必要以上に多くつけることも重要であろう。

今後、より多くの路線について実測を行い発汗量予測モデル式の構成と交通事故防止のための安全施設計画を進めていきたい。

参考文献

- 1) 板倉忠三・加東照俊・斎藤和夫：交通事故に対する危険度評価の方法について、交通工学、Vol. 3、No. 2、pp. 4~12、1968
- 2) 大蔵衆・片倉正彦・小林晃・鈴木純夫：道路交通事故の推移に関するマクロ分析、土木学会論文報告集、No. 258、pp. 97~108、1977
- 3) 斎藤和夫：わが国における交通事故死亡危険度の推移に関するマクロ分析的研究、交通工学、Vol. 3、No. 4、pp. 3~12、1979
- 4) 井上廣隆：交通事故統計の一解析、交通工学、Vol. 15、No. 2、pp. 5~11、1980
- 5) 佐々木喜忠：愛知県における交通事故と道路の関係についての一考察、交通工学、Vol. 15、No. 4、pp. 11~27、1980
- 6) Robert Herman, Elliott W. Montroll and Renfrey B. Potts: Traffic Dynamics, Analysis of Stability in CAR Following, Operations Research Society of America, pp. 86~106, 1959
- 7) 高田弘・栗本謙：道路の特性と交通事故、道路、277号、pp. 198~203、1964
- 8) Kamal Shoartion Sattari and David Powell: Measured Vehicle Flow Parameters as Predictors in

- 9) 野田宏治・今井稔・荻野弘・栗本謙：道路交通環境を考慮した自動車のアクセレーション/ノイズ予測モデルと交通事故に関する研究、土木学会論文集、No. 512/Ⅳ-27、pp. 61~71、1995. 4
- 10) 堀美文治：トモライハターの心拍解析による車両運転時の精神負担評価、TOYOTA Technical Review 42, pp. 4~11, 1992
- 11) 川上祥央：運転者の覚醒度低下、自動車技術46、pp. 29~33、1992
- 12) 堀美文治：心拍計測によるトモライハの意志状態評価、自動車技術会、学術講演会前刷集946、pp. 133~136、1994. 10
- 13) 片山 稔：覚醒度と脈波のゆらぎ、自動車研究15、pp. 408~410、1993
- 14) 片山 稔・橋本博・阪井和夫：自動車運転時のトモライハターの脈波のゆらぎ、自動車技術会、学術講演会前刷集956、pp. 13~16、1995. 9
- 15) 桜井保志・松浦謙・荒木一雄：運転者の発汗量の直接測定法による運転状態の評価の研究、自動車技術会、学術講演会前刷集931、pp. 73~76、1993. 5
- 16) 奥谷 蔵・鈴木範夫・真鍋昌彦：脈波のゆらぎ特性と道路走行性の関係、平成5年度土木学会中部支部研究発表講演概要集、Ⅳ-11、pp. 449~450、1994. 3
- 17) 森下時磨・奥谷 蔵・真鍋昌彦：脈波特性を用いた道路走行安全性評価に関する実験的研究、土木学会第50回年次学術講演会Ⅳ、pp. 334~335、平成7年9月
- 18) 小川徳雄：新・汗のはなし、アトア出版、p. 237、1994
- 19) 小川徳雄：新生理学大系22巻(エネルギー代謝・体温調節の生理学)、医学書院、pp. 154~175、1987
- 20) 久野寧：汗の話、光生館、p. 164、昭和43年