

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

野田宏治¹・今井 稔²・荻野 弘³・栗本 譲⁴

¹正会員 豊田工業高等専門学校環境都市工学科 助教授 (〒 471 豊田市栄生町 2-1)

²正会員 工修 株式会社ニュージェック (〒 542 大阪市中央区島之内 1-20-19)

³正会員 工博 豊田工業高等専門学校環境都市工学科 教授

⁴正会員 工博 名城大学理工学部土木工学科 教授 (〒 468 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

本研究では、試験車を一般道路で走行させることにより得られた速度データから道路・交通条件および個人特性とアクセレーションノイズの関係を明らかにし、道路・交通条件および個人特性を説明変数とするアクセレーションノイズ予測モデルを構築した。次いでアクセレーションノイズ予測モデルを一般道路に適用して、得られた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の予測が可能であることを立証し、アクセレーションノイズ予測モデル式は道路・交通条件を改良する交通事故防止対策立案にきわめて有用であることを示した。

Key Words : acceleration noise, traffic accident, road traffic performance

1. はじめに

自動車保有台数、運転免許保有者数が増加基調にあるなか、都市部幹線道路においては交通渋滞が蔓延し、都市機能に大きな障害を与え国民の社会・経済活動等に影響を及ぼしているとともに交通事故をはじめとする多くの交通公害が深刻な社会問題となっている。これらの現象は、当分の間好転の機運が望めずむしろ交通事情は今後一段と厳しさを増す傾向にある。

社会問題の中でも特に交通死亡事故は深刻であり、一時一万人を割るところまで減少した交通事故死者数が昭和 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事故死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調査研究は、交通事故と道路・交通条件に関する相関関係を論ずるマクロ分析¹⁾や個々の事故の発生過程を詳細に分析しその原因や防止対策を検討するミクロ分析等、国内外に数多く見られるが、その成果は十分なものとは言えないのが現実であろう。

わが国での交通事故防止を目的とした調査研究は、交通死亡・重傷事故を研究対象としたものが多く、鍛冶²⁾による高速道路の事故分析や佐々木³⁾による愛知県における交通事故分析などは交通事故統計原票や道路台帳のデータを用いた道路の幾何構造と交通事故との関係や交通事故統計が主であった。

一方、道路交通の円滑化を図るための研究は Robert

E. Chandler⁴⁾の追従挙動を動力学モデルにより記述して、自動車の加減速度の変動を明らかにすることで交通流を微視的に解析したのに始まるが、その研究目的は自動車交通流内での走行挙動の解明であった。渋滞時の交通流を追従挙動を基礎に巨視的に表現した越・岩崎⁵⁾らの研究も道路交通流の円滑化を目的としたものである。

また Robert Herman⁶⁾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(加減速変動, 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るのに対し、アクセレーションノイズの小さい道路では、走行を阻害する要因が少ないとする考えに基づいている。

Trevor R. Jones, Renfrey B. Potts⁷⁾はタコグラフを用いて自動車のアクセレーションノイズが道路・交通条件および運転者の個人特性を表現できる指標であることを示したが、これらの研究も交通流の円滑化を図ることを主目的としたものである。

川浦⁸⁾らは、道路条件により定まる Natural Acceleration Noise について首都高速道路で幾何構造との関係を分析しているが交通事故にまで言及していない。自動車の走行指標を用いた運転技術評価モデル式を求めた著者⁹⁾らの研究もアクセレーションノイズが主要な説明変数として働いていることを明らかにしたが、自動車交通事故との相関については明らかにしていない。

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値と交通事故に関する研究は、高田・栗本¹⁰⁾や Kamal Shoarian Sattari, David Powell¹¹⁾の研究があるが、これらの研究は道路条件や交通条件によるアクセレーションノイズが交通事故率と相関が高いことを示唆しているが、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得られていない。

交通事故の多くは、車両系と交通系および人間系のアンバランスから発生しているとの指摘が多く、交通事故を防止し交通事故件数を減少させるためには、道路・交通条件および運転者の個人特性と交通事故との相関関係をミクロな面から明らかにして、交通事故防止対策を立案する必要が痛感されている。

本研究では、試験車を一般道路で走行させることにより得られた速度データから道路・交通条件および個人特性とアクセレーションノイズの関係を明らかにし、道路・交通条件および個人特性を説明変数とするアクセレーションノイズ予測モデルを構築した。ついでアクセレーションノイズ予測モデルを一般道路に適用して、得られた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の予測が可能であることを立証した。また本モデルの適用可能性を検討するために、予測モデルを構築した路線以外の一般道路に適用し、アクセレーションノイズ予測モデル式は道路・交通条件を改良する交通事故防止対策立案にきわめて有用であることを示した。

2. アクセレーションノイズの定義

ある道路区間内におけるアクセレーションノイズとは、単位時間に応じた加減速度の分散を示すものであり、速度変化が小さく比較的安定した走行に対しては、低い値を示す。

道路上のある区間を走行する自動車の単位時間に応じる速度変動を連続的に計測したとき、区間走行所要時間 T におけるアクセレーションノイズ (α_i^2) は式(1)で定義される。

$$\alpha_i^2 = \frac{1}{T} \int_0^T (\alpha(t) - \bar{\alpha})^2 dt \quad (1)$$

ただし T : 旅行時間

$\alpha(t)$: 時間 t における加減速度

$\bar{\alpha}$: T 時間内における平均加減速度

一般に時刻 $t=0$ と $t=T$ での走行速度が等しい場合には $\bar{\alpha}=0$ となる。したがって式(1)は、

$$\alpha_i^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \alpha^2(t) dt \quad (2)$$

となる。さらに一定時間間隔 Δt ごとに離散的に加減速

STEP-1 データ収集



STEP-2 データ読込とデータの算出

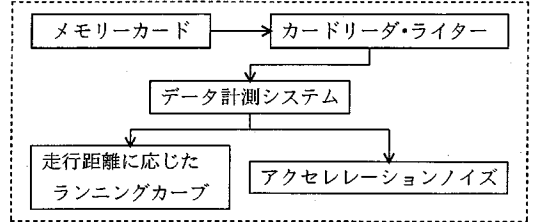


図-1 データ収集・解析システム構成図

度が求められると式(2)は、

$$\alpha_i^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \alpha_i^2(t) \Delta t = \frac{1}{T \cdot \Delta t} \sum_{i=1}^n \Delta V_i^2 \quad (3)$$

となる。ただし、 ΔV_i は i 番目の Δt における速度差である。

本研究では、計測された連続変数である瞬間走行速度(時間-瞬間走行速度図)からアクセレーションノイズを計算する場合は、計測時間 Δt 間隔に細分し瞬間走行速度を計測式(3)より求めた。また、測定区間に沿った速度変化を見るためにランニングカーブ(横軸を距離、縦軸に瞬間走行速度を取った距離-瞬間走行速度図)も求めることにした。

3. 走行測定の概要

(1) データ収集および解析システム

走行データの収集は、運転アナライザー¹²⁾(愛知電機株式会社)を利用し、メモリカードに記録された自動車の走行速度は独自に開発したデータ計測システムにより解析した。

データの収集及びアクセレーションノイズ等の解析システムを図-1に示す。メモリカードに記録されたデータは、カードリーダーライターを通してフロッピーディスクに転送し、0.4 sec 毎にカウントされた速度データは、データ計測システムにより計算し、ランニングカーブ及びアクセレーションノイズとして算出した。

(2) 走行測定区間の選定

走行測定区間は、道路形状に変化のある以下の3路線を選定した。

① 走行測定区間のほとんどが直線部の区間

高規格の幹線道路として国道153号線の天白植田一本松～東郷町牛ヶ廻間交差点間(名古屋市天白区から愛知郡東郷町)約7 km。この区間には、信号交差

表-1 各路線に対する測定状況

測定区間	設定速度 (km/h)	走行回数 (往復)	交通量 (台/時・一方向)	走行状態	測定時間
国道153号線	50	5	600台前後	交通流に合わせた自由走行	AM10:00~11:00 PM2:00~3:00
	50	5	ほとんどなし	設定速度を守りながら走行	AM3:00~4:30
豊田市道 西新高崎線	30	5	なし	設定速度を守りながら走行	AM2:00~3:00
	40	5			
	50	5			
一時停止路線	30	5	なし	自由走行	PM2:00~3:00

点と無信号交差点が合わせて16カ所あり、歩車分離がされた片側一車線区間約4kmと二車線区間約3kmから成る。

②直線部に曲線部を含む区間

豊田市道西新高崎線(高崎町内)で、この区間は、片側一車線で歩車分離がされ、浴道のほとんどは田畑で、区間にR=60mの曲線部が3カ所存在する約1.5km。

③直線部で一時停止を含む区間

無信号交差点を5カ所含み、車線区分のない名古屋市天白区内の住宅街路約0.7kmである。

(3) 被験者の属性

平成3年愛知県下における年齢区別自動車運転中の交通事故死者数は、16~24歳の若年者区分が全体の31.6%を占め、55~64歳の熟年者区分の値に対し、2~3倍も高い値を示している。このことから被験者は、若年者区分の10名と熟年者区分の8名、計18名とした。

若年者の年齢は21歳か22歳で、運転歴が4年前後の大学4年生、熟年者は55歳から63歳の運転者であり、常に自動車を使用している熟練運転者である。なお、試験車は被験者が普段使用している自家用自動車を使用し、試験車の不慣れにより生ずるであろうアクセレーションノイズの発生を防いだ。

(4) 測定方法

測定は、自動車走行測定装置を試験車に搭載し、各路線区間で表-1に示す走行状態で各被験者ごとに5往復行った。

測定区間の規制速度は153号線が50km/h、豊田市道西新高崎線は40km/h、一時停止路線は30km/hである。

分析では自由走行に影響を与える交通量がある場合を600台前後/時・一方向とし、走行に影響を与えるほど交通量がない場合をほとんどなし、またはなしの状態とした。

アクセレーションノイズを計測するために、各測定区間を各測定区間ごとの道路・交通条件とランニングカーブとからほぼ同一の道路・交通条件を持つ線形単位

表-2 アクセレーションノイズ評価区間の道路条件<国道153号線>と<豊田市道西新高崎線>

路線名	方向	区間 (No)	区間距離 (m)	勾配	道路線形	車線数	分離帯	車線幅員 (m)
国道153号線	<上り>	1	420	平坦	緩曲線 (R=500m)	一車線	有	3.5
		2	480	上り	直線	二車線	無	
		3	640	下り	緩曲線 (R=500m)	一車線	有	
		4	400	上り	直線	二車線	有	
		5	240	下り	直線	二車線	有	
		6	240	平坦	直線	二車線	有	
	<下り>	7	430	下り	直線	二車線	有	3.5
		8	260	平坦	直線	二車線	有	
		9	370	上り	直線	二車線	有	
		10	170	急上り	直線	一車線	無	
		11	680	上り	緩曲線 (R=500m)	一車線	無	
		12	540	下り	直線	一車線	有	
豊田市道西新高崎線	高崎 ↓ 西新	1	200	下り	急曲線 (R=60m)	一車線	無	3.0
		2	200	下り				
		3	300	上下				
	西新 ↑ 高崎	4	250	上下	急曲線 (R=60m)	一車線	無	3.0
		5	200	上り				
		6	300	上り				

※勾配は、表-7と同じ

の小区間に細分化したものをアクセレーションノイズ評価区間とした(表-2)。なお信号制御および一時停止規制による減速、停止の影響を除くため、車両停止位置の前後約100m区間を信号交差点として別途評価し、解析することにした。

4. 走行指標と交通環境

走行指標¹³⁾には、速度や加速度の平均、分散、最大値、最小値、変動係数またアクセレーションノイズなどがある。それらの変動に影響を与える道路条件として、

- (a)道路線形の変化 (b)道路幅員の変化
 - (c)道路勾配の変化 (d)沿道条件の変化
 - (e)路面の凹凸 (f)その他障害物の存在
- また、交通条件としては、

- (a)交通量の変化 (b)規制速度及び走行速度
 - (c)信号制御による停止及び減速 (d)駐停車の有無
- などが考えられる^{14),15)}。

(1) 道路幅員と一時停止による影響¹⁶⁾

国道153号線には、一時停止カ所は存在しないが、信号交差点での信号制御による停止や減速をする場合、その影響を受けず信号交差点を通過する場合とがある。

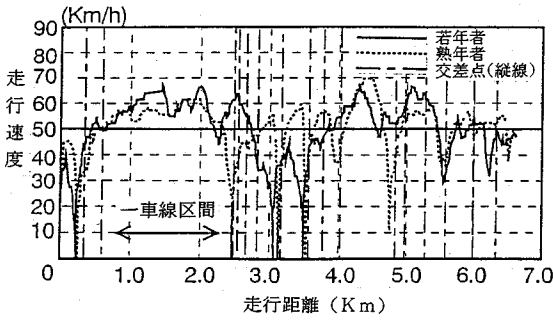


図-2 交通量がある場合のランニングカーブ
(国道153号線下り)

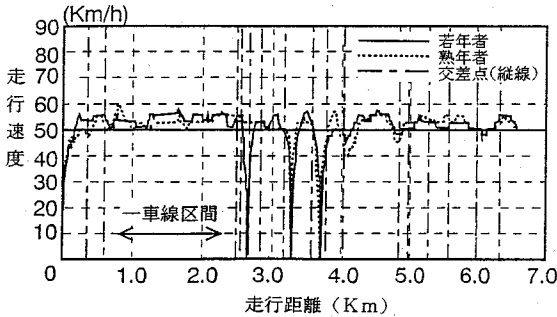


図-3 交通量がない場合のランニングカーブ
(国道153号線下り)

国道道153号線では両者を分離して、それぞれの走行測定区間での特性を明らかにするため、ランニングカーブとアクセレーションノイズの算出を行った。

図-2は、交通量がある場合の国道153号線の下り方向における若年者と熟年者のランニングカーブの一例である。車線数が一車線であり信号交差点の存在しない0.8~2.2kmの区間では、交通流の影響を受けやすい追従走行状態となるため比較的安定した走行を行っており、若年者と熟年者との差はあまり見られないが、車線数が二車線になると追越し等が可能となるため、追従走行状態から自由走行状態へと移行し、運転者の年齢、運転歴等の違いが現れている。

また、一時停止を5ヵ所含む住宅街路上の区間における若年者と熟年者のランニングカーブでは、若年者と熟年者との差はほとんどみられなかった。

(2) 交通量による影響

a) 交通量の影響

国道153号線の下り方向における交通量がない場合の若年者と熟年者のランニングカーブを図-3に示す。若年者と熟年者との差はほとんど見られず、両者とも国道153号線の規制速度である設定速度50km/hをほぼ守りながら速度変動の少ない安定した走行を行っている。また信号交差点での信号制御による速度変動は見られる

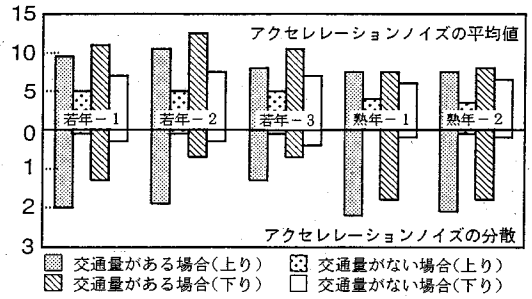


図-4 代表的な被験者別のアクセレーションノイズ(国道153号線)

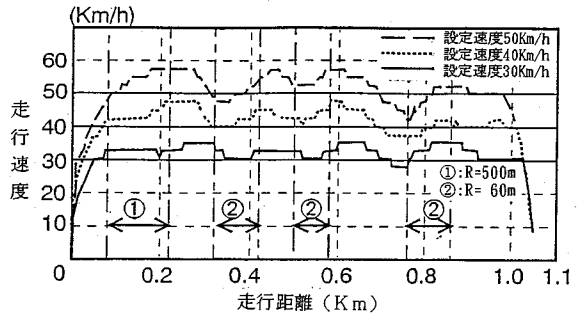


図-5 曲線区間における若年者のランニングカーブ

が、道路条件が変化する車線増加地点においての速度変動はあまり見られない。

b) 交通量とアクセレーションノイズ

代表的な被験者別のアクセレーションノイズを図-4に示す。交通量が存在する状態でのアクセレーションノイズは、若年者の方が熟年者より10~20%程高い値を示している。分散は、熟年者の方が若年者より若干高い値を示しており、平均値とは全く逆の傾向を示し、運転歴・年齢等の違いによりアクセレーションノイズに与える影響の大きさが異なっていることがわかる。

交通量のない状態でのアクセレーションノイズは、存在する状態でのアクセレーションノイズの60~80%程度であり、分散は10~20%程度とかなり低い値を示している。これは、交通流による干渉を受けることなく、設定された走行速度を守りながらの走行が可能であったためと思われる。

(3) 道路線形による影響

a) 各設定速度に対するランニングカーブ

若年者による設定速度30km/h、40km/h、50km/hのランニングカーブを図-5に示す。熟年者によるランニングカーブもほぼ同様の傾向を示した。図中の縦軸に平行な一点破線は、直線部と曲線部及び曲線部と曲線部等の接続点である。

曲線部における走行として、曲線部の手前で速度を十

表一 3 道路線形による平均区間速度とアクセレーションノイズ <交通量なし・規制速度 50 (km/h)・上り>

道路線形	平均区間速度 (Km/h)		7ヶ月レゾノイズ				t 値
			若年者		熟年者		
	若年者	熟年者	平均	分散	平均	分散	
直線	51.8	54.4	2.00	0.14	1.93	0.19	1.92
急曲線(R=60m)	50.6	48.8	6.23	2.25	8.02	2.57	-3.33*
緩曲線(R=500m)	52.8	55.0	2.11	1.00	2.48	1.10	-1.53

7ヶ月レゾノイズの単位：平均(Km/h/sec)²、分散((Km/h/sec)²)²
 *は若年者と熟年者の平均値の差が有意水準5%で認められるもの

表一 4 曲線部での設定速度による走行指標への影響 <交通量なし・曲率半径=60(m)・上り>

設定速度 (Km/h)	平均区間速度 (Km/h)		7ヶ月レゾノイズ				t 値
			若年者		熟年者		
	若年者	熟年者	平均	分散	平均	分散	
30	31.7	31.2	3.01	0.51	3.07	2.48	-0.19
40	39.7	39.6	3.41	0.17	5.01	1.69	-8.52*
50	50.6	48.8	6.23	2.25	8.02	2.57	-3.32*

7ヶ月レゾノイズの単位：平均(Km/h/sec)²、分散((Km/h/sec)²)²
 *は若年者と熟年者の平均値の差が有意水準5%で認められるもの

分に落とし、曲線部内では操縦安定性を増すために、アクセルを軽く踏んでゆっくり走行し、さらに曲線部の終点に近づくにつれて、徐々に安全に走行できる速度まで加速する、といった手順が安全な走行と言われている¹⁷⁾。設定速度が30 km/h、40 km/h、50 km/hのすべてのランニングカーブで、各被験者ごとに減速率、加速率は異なるものの、接続点付近では曲線部を安全に走行できるような減速走行や曲線部の終点付近からの加速走行等、上記の走行方法にある程度従っている。

次に、設定速度ごとのランニングカーブを見ると、30 km/hにおいては、全体的に滑らかな走行を行っている。しかし、設定速度が40 km/h、50 km/hと増加するに連れて、道路線形の変化に対しての速度変動も大きくなり、特に曲線部の始点と終点付近における速度差は、顕著である。今回のような曲線半径が60 mの曲線部を含む区間においては、設定速度の変化が速度変動に大きな影響を与えていることがわかる。

b) アクセレーションノイズによる分析

表一 3 に示した道路線形によるアクセレーションノイズについては、直線部と緩曲線部 (R=500 m) との差はごくわずかであるが、急曲線部 (R=60 m) における平均値は、直線部と緩曲線部の値に対し3~4倍近い値を示し、分散もかなり高い値を示しており、曲線部がアクセレーションノイズの変動に影響を与えることがわかる。

若年者と熟年者のアクセレーションノイズを比較すると、t 値が-3.33 となり、有意水準5%で急曲線部に差が認められる。

c) 設定速度による影響

表一 4 に示す曲線部での設定速度の変化によるアクセ

表一 5 測定区間別のアクセレーションノイズと平均走行速度 <交通量なしの場合>

測定区間	走行指標	若年者	熟年者	t 値
国道153号線 (下り方向)	ノイズ	9.48	7.66	3.91*
	分散	2.00	2.16	
	平均走行速度	52.75	52.70	
国道153号線 (上り方向)	ノイズ	11.23	7.77	11.42*
	分散	1.29	1.42	
	平均走行速度	54.84	51.46	
一時停止路線	ノイズ	42.37	42.06	0.02
	分散	52.30	69.86	
	平均走行速度	24.01	22.16	

7ヶ月レゾノイズの単位：平均(Km/h/sec)²、分散((Km/h/sec)²)²
 平均走行速度(Km/h) *は有意水準5%で差が認められるもの

レーションノイズへの影響を見てみると、全走行測定区間単位におけるアクセレーションノイズの値と同様に、若年者と熟年者の双方とも設定速度が30 km/h、40 km/h、50 km/h と高くなるにつれてアクセレーションノイズの値も高くなり、設定速度の変化によってアクセレーションノイズに与える影響の大きさに違いがある。また、若年者と熟年者との比較では、平均値及び分散とも熟年者の方が高い値を示しており、40 km/h の t 値が-8.52、50 km/h では-3.32 となり、両者の平均値に有意差5%で差が認められ、年齢等の個人特性による差が現れている。

d) 平均区間速度とアクセレーションノイズ

表一 5 は各被験者ごとに5回行ったアクセレーションノイズの平均値とその分散、平均走行速度を示したものである。区間別の平均区間速度を見てみると、国道153号線では、設定速度の50 km/h より多少上回る値を示しており、一時停止路線は住宅地であるため、一時停止が連続的に続くことから速度変動が大きく、25 km/h 前後と低い値を示している。

アクセレーションノイズについて国道153号線と比較してみると、下り方向より上り方向の方が若干高い値を示しているが、分散は上り方向が各被験者とも小さな値を示している。

住宅街路上の区間におけるアクセレーションノイズの平均値は、全般的に40 (km/h/sec)² 前後と高い値を示し、分散においては各被験者によってかなりの違いが見られ、運転歴・年齢等の違いによるアクセレーションノイズへの影響の大きさが異なることがわかる。

アクセレーションノイズを被験者で比較してみると、若年者では測定区間の組み合わせすべてに平均値に差が認められ、熟年者では一時停止と国道153号線上り、下りに差が認められるが、国道153号線の上りと下りとの比較では差は認められない。また、国道153号線の上りと下りでは、若年者と熟年者のアクセレーションノイズの平均値に差が認められるが、一時停止では若年者と熟年者共に減速・停止・加速の影響が強くなり、平均値に差は認められない。

表一六 説明変数間のクラマーのV係数とコンティンジェンシー係数

説明変数	走行速度	年齢	勾配	車線数	交通量	道路線形	一時停止
走行速度		0.24	0.26	0.57	0.68	0.52	0.60
年齢	0.23		0.12	0.06	0.11	0.18	0.04
勾配	0.46	0.12		0.31	0.38	0.44	0.37
車線数	0.50	0.06	0.30		0.28	0.63	0.16
交通量	0.56	0.11	0.36	0.27		0.58	0.22
道路線形	0.59	0.17	0.53	0.53	0.50		0.21
一時停止	0.52	0.04	0.34	0.16	0.22	0.21	

右上：クラマーのV係数、左下：コンティンジェンシー係数

5. 交通環境を考慮したアクセレーションノイズ予測モデル

一般に自動車運転者は道路の交通環境を判断しながら安全と思われる走行速度を保持するために加減速を繰り返しながら道路を走行しているものと考えられる。したがってアクセレーションノイズは駐車車両の有無、歩道の有無、歩行者・自転車交通量、路面状態、個人特性等により定まるもので、走行速度と1対1に対応するものではなく、道路条件、交通条件の関数として表現することができる。すなわち、

$$\alpha = F(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \dots, \lambda_n) \quad (4)$$

ただし α ：アクセレーションノイズ

$\lambda_1 \sim \lambda_n$ ：道路条件、交通条件、個人特性および走行特性の説明変数等

そこで、実測されたアクセレーションノイズ解析区間単位でのアクセレーションノイズを外的基準として、道路・交通条件及び個人特性を説明変数として両者の相関を数量化理論I類により回帰分析を行った。

なお分析には、信号制御および一時停止規制による減速、停止を含む全走行測定データを用いた。

(1) 説明変数間の関連

数量化理論I類による分析を行うにあたって、各説明変数間の相関関係を見るためにクラマーのV係数とコンティンジェンシー係数を求めた。表一六に両者の値を示す。

各説明変数間の関連の大きさをクラマーのV係数で見ると、全測定データを用いた場合では、年齢および勾配は、他の説明変数と0.04から0.44までの値で、関連は低い、しかし速度は、それぞれ交通量と0.68、車線数と0.57、道路線形とは0.52であり、道路線形は、同様に車線数と0.63、交通量と0.58で、全体的に若干高い値を示している。また、一時停止については、速度との関連が0.60とやや高いがその他の説明変数との関連性は低い。

同様にコンティンジェンシー係数について見ると、ク

表一七 数量化理論I類分析結果

説明変数	カテゴリ	サンプル数	カテゴリスコア	レンジ	偏相関係数
走行速度	1. 35km/h以下	63	-2.32	4.01	0.29
	2. 35~45	42	-1.05		
	3. 45~55	166	0.70		
	4. 55~65	139	0.20		
	5. 65~75	57	0.14		
	6. 75以上	23	1.69		
年齢	1. 若年者	256	0.55	1.15	0.23
	2. 熟年者	234	-0.60		
勾配	1. 上り(1.5~2.5%)	119	-0.01	1.30	0.10
	2. 急上り(5.5%以上)	26	1.07		
	3. 平坦(-1.0~+1.0%)	140	-0.10		
	4. 下り(-2.5~-1.5%)	162	-0.02		
	5. 上り+下り	43	-0.23		
車線数	1. 1車線	330	-0.59	1.80	0.28
	2. 2車線	160	1.21		
交通量	1. なし	254	-1.44	2.99	0.43
	2. あり	236	1.55		
道路線形	1. 直線	270	-1.28	4.76	0.46
	2. 急曲線(R=60)	128	3.48		
	3. 緩曲線(R=500)	92	-1.10		
一時停止	1. なし	465	-2.23	43.62	0.94
	2. あり	25	41.39		

ラマーのV係数とほぼ同じ傾向を示している。この程度の関連性であれば数量化理論I類による分析の説明変数として用いても差し支えはないと思われる。

(2) 分析結果

数量化理論I類による分析より得られたアクセレーションノイズ予測モデルを表一七に示す。本分析に用いたサンプル数は490個であり、外的基準の平均値は6.48、標準偏差は8.78、外的基準との重相関係数は0.96で、アクセレーションノイズの変動のうち、道路・交通環境の各条件によって、およそ92% (寄与率 $R^2 = 0.927$) 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、一時停止で、カテゴリ-数量は、ありが41.39と非常に大きく、そのレンジは43.62となる。偏相関係数も0.94とかなり高い値を示し、一時停止の有無がアクセレーションノイズの変動に非常に大きな影響を与えていることがわかる。

次いで道路線形で、カテゴリ-数量は曲線部が3.48と大きく、偏相関係数は0.46である。3番目は、交通量で偏相関係数は0.46である。

速度のレンジは4.01と比較的大きい、偏相関係数は0.29、車線数においては、偏相関係数は0.28と低い。年齢、勾配は偏相関係数も低い。

アクセレーションノイズに影響を与えるカテゴリ-には、走行速度の75 km/h以上、年齢の若年者、車線数の2車線、交通量あり、道路線形の急曲線、一時停止ありが上げられる。

勾配においては、普通乗用車の測定値からみるかぎり、

カテゴリ-数量及びレンジが他と比べて小さく、偏相関係数から見てもアクセレーションノイズの変動との関連は低い。

数量化理論Ⅰ類分析の結果、式(5)に示す回帰式が得られた。なお、重相関係数は0.96である。

$$\begin{aligned}
 Y = & \delta(1k) \begin{matrix} \text{(走行速度)} \\ k \\ 1 = -2.32 \\ 2 = -1.05 \\ 3 = 0.70 \\ 4 = 0.20 \\ 5 = 0.14 \\ 6 = 1.69 \end{matrix} + \delta(2k) \begin{matrix} \text{(年齢)} \\ k \\ 1 = 0.55 \\ 2 = -0.60 \end{matrix} \\
 & + \delta(3k) \begin{matrix} \text{(勾配)} \\ k \\ 1 = -0.01 \\ 2 = 1.07 \\ 3 = -0.10 \\ 4 = -0.02 \\ 5 = -0.23 \end{matrix} + \delta(4k) \begin{matrix} \text{(車線数)} \\ k \\ 1 = -0.59 \\ 2 = 1.21 \end{matrix} \\
 & + \delta(5k) \begin{matrix} \text{(交通量)} \\ k \\ 1 = -1.44 \\ 2 = 1.55 \end{matrix} + \delta(6k) \begin{matrix} \text{(道路線形)} \\ k \\ 1 = -1.28 \\ 2 = 3.48 \\ 3 = -1.10 \end{matrix} \\
 & + \delta(7k) \begin{matrix} \text{(一時停止)} \\ k \\ 1 = -2.23 \\ 2 = 41.39 \end{matrix} + 6.48 \quad (5)
 \end{aligned}$$

$\left[\begin{array}{l} \delta(jk) \text{ は } j \text{ 項目の } k \text{ カテゴリに該当するとき} \\ 1, \text{ そうでない時 } 0 \\ \text{ただし, } j=1\sim 7 \text{ まで} \end{array} \right]$

6. アクセレーションノイズと交通事故との関係¹⁸⁾

道路条件・交通条件等を説明変数とするアクセレーションノイズ予測モデル式によって求められるアクセレーションノイズの予測値と国道153号線における交通事故発生件数との関係を比較検討し、交通事故発生場所推定パラメータとしてのアクセレーションノイズの有意性を検討する。

(1) 国道153号線における交通事故

本研究で収集した交通事故データは、愛知警察署管内の国道153号線(梅森交差点～観音畑交差点間)と豊田警察署管内の旧国道153号線(新屋辻交差点～三九郎病院前交差点間)で、平成4年に発生した人身事故及び物損事故のうち予測モデル構築時の交通量に相当する時間帯の交通事故のうち、第一、第二当事者が走行調査の被験者と同じ年齢(21～22歳、55～64歳)で関係した交通事故のみを取り扱った。

交通事故データの内容は、発生日時、第一当事者の年齢、第一当事者の車種、第二当事者の年齢、第二当事者

表-8 各パターンの道路条件(国道153号線)

	パターン	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
道路線形	直線		●	●	●	●	●	●			●
	緩曲線	●							●	●	
車線数	1車線		●	●							●
	2車線	●			●	●	●	●	●	●	
道路勾配	上り							●		●	●
	急上り						●		●		
	平坦		●		●						
	下り	●		●		●					
交差点の有無(有:●)			●	●	●	●		●			●

の車種、事故形態、第一当事者の進行方向である。交通事故データは、信号制御の影響を受けていると思われる信号交差点の前後100m以内の区間(以後、交差点付近区間と称す)と、交差点付近区間を除く単路部(以後、単路部区間と称す)とに区分した。

なお、道路・交通条件等の変化に応じて測定区間内を道路線形、車線数、道路勾配、交差点の有無によって数種類のパターンに分けて判定した。

(2) 国道153号線に関するアクセレーションノイズ予測値と交通事故

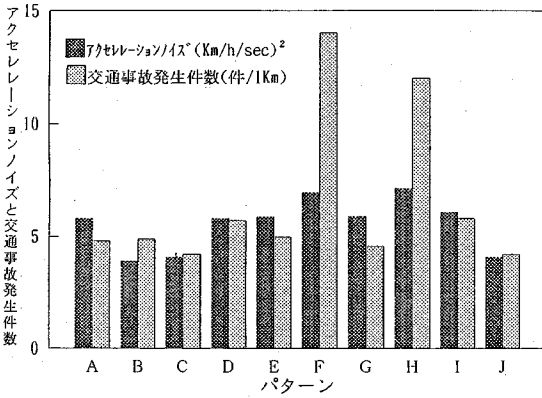
愛知警察署管内の調査区間で発生した年齢別交通事故件数では、やはり人身事故及び物損事故の双方とも、21～25歳の若年者層が一番多く、人身事故においては18件(32.1%)、物損事故においては75件(32.5%)である。

なお、61歳以上の高齢者が関係する人身事故はなく、物損事故は7件発生している。

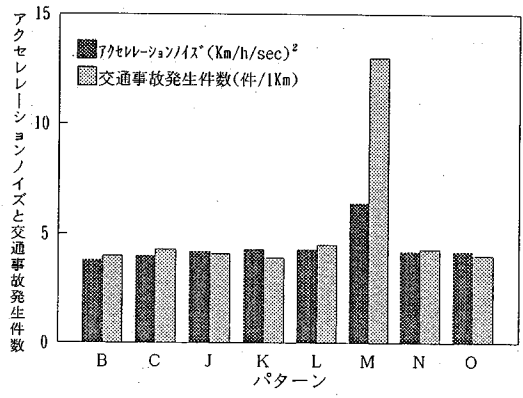
表-8に示すパターン化された道路条件ごとに各区間をまとめあげ、各パターン区間で実測時間帯内に発生した1kmあたりの交通事故発生件数と、アクセレーションノイズ予測モデル式から求めた値との関係を求めた。

なお、交通事故発生件数は、年齢による発生割合である若年者0.7、熟年者0.3の加重平均、アクセレーションノイズは若年者と熟年者の平均とした。また、各パターンにおいて、交通量、走行速度等の説明変数のカテゴリ-数量は、今回調査した国道153号線の交通事故データから求めることができなかつたため、区間走行速度は、国道153号線での交通量ありの時間帯における85パーセントイル値(63.25 km/h)¹⁹⁾を用い、交通量は測定で計測された交通量600台/時に合わせるために交通事故発生時間から10:00～12:00、14:00～16:00のものを選び交通量ありの状態として、回帰式によりアクセレーションノイズを求めた。

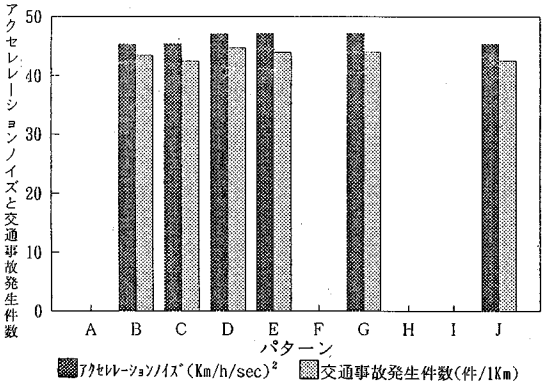
愛知警察署管内の信号制御の影響を受けていない単路区間での回帰式によるアクセレーションノイズと交通



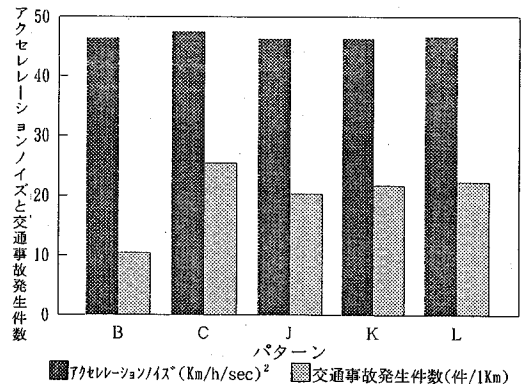
図一六 単路区間での回帰式によるアクセレーションノイズと交通事故発生件数との関係 (国道 153 号線)



図一八 単路区間での回帰式によるアクセレーションノイズと交通事故発生件数との関係 (旧国道 153 号線)



図一七 交差点付近区間での回帰式によるアクセレーションノイズと交通事故発生件数との関係 (国道 153 号線)



図一九 交差点付近区間での回帰式によるアクセレーションノイズと交通事故発生件数との関係 (旧国道 153 号線)

事故発生件数との関係を図一六に示す。1 km あたりの交通事故発生件数を見てみると、パターン F (直線・二車線・急上り) とパターン H (緩曲線・二車線・急上り) においては、交通事故発生件数がそれぞれ 14, 12 (件数/1 km) と他のパターンに比べ高い値を示し、アクセレーションノイズも高い値を示している。その他のパターンは、アクセレーションノイズが比較的高い値を示しているにもかかわらず、交通事故発生件数はあまり高い値を示していない。このことは、アクセレーションノイズがある範囲の値を超えた場合、交通事故が急激に増加するのではないかと考えられる。また、交通事故発生件数の多いパターン H, F はともに「急上り」の区間であり、道路勾配の違いが事故発生件数に影響をおよぼしていることがわかる。

信号制御の影響を受けている交差点付近での回帰式により得られたアクセレーションノイズと交通事故発生件数との関係を図一七に示す。

交差点付近区間では、アクセレーションノイズの値は単路部に比べて各パターンとも 45 (km/h/sec)² 前後

表一九 各パターンの道路条件 (旧国道 153 号線)

	パターン	B	C	J	K	L	M	N	O
道路線形	直線	●	●	●	●				
	緩曲線					●	●	●	●
車線数	1 車線	●	●	●	●	●	●	●	●
	上り			●		●			
	急上り				●		●		
道路勾配	平坦	●						●	
	下り		●						●
交差点の有無(有:●)		●	●	●	●	●			

とかなり高く、交通信号制御にともなう加減速度変動の影響が大きくいっているものと思われる。アクセレーションノイズの値および交通事故発生件数の双方とも、単路区間の値に比べ、数倍から 10 倍近い大きな値を示し、交差点付近における交通事故発生件数が多く、危険であることがわかる。

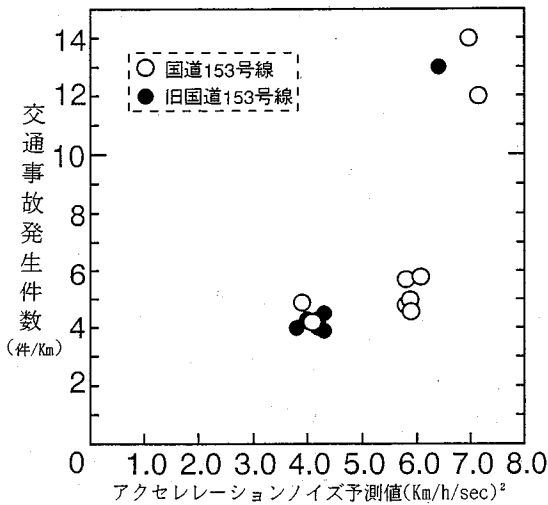


図-10 アクセレーションノイズ予測値と交通事故発生件数(単路部)

(3) 旧国道153号線に関するアクセレーションノイズ予測値と交通事故

データ測定区間ではないが、測定区間に接続し、道路・交通条件が比較的良好に似ている区間にアクセレーションノイズ予測式を適用し、交通事故発生件数との関係を検討してみる。

豊田警察署管内の旧国道153号線は、全線片側1車線であることから、道路条件によって表-9に示すKからOの新たなパターンを加え、各区間をパターン化した。

なお、アクセレーションノイズ予測式に用いるデータは、調査した交通事故データから交通量、走行速度等の説明変数のカテゴリー数を求めることができないので、交通量は前項(2)の方法により、走行速度は85パーセントイル値(63.25 km/h)を用いた。

単路区間における交通事故発生件数と回帰式により得られたアクセレーションノイズとの関係を図-8に示す。交通事故発生件数が多いのは、M(緩曲線、1車線、急上り)で13件/1 kmも発生し、このパターンではアクセレーションノイズも他のパターンに比べ高い値を示している。その他のパターンではアクセレーションノイズと交通事故発生件数との値に大きな差は見られない。

交差点付近における交通事故発生件数と回帰式により得られたアクセレーションノイズとの関係を図-9に示す。国道153号線の場合と同様に交差点付近では、アクセレーションノイズは単路区間に比べ数倍から10倍近い大きな値を示し、一方交通事故発生件数も単路区間の2~4倍と大きくなっており、アクセレーションノイズが大きくなると交通事故が増えるという相関関係のあることがわかる。

交通事故発生件数は交通量により異なるため、国道153号線では交通量が多く、旧国道153号線ではやや少ないことから交差点付近の交通事故発生件数の値に差となって現れている。

(4) アクセレーションノイズ予測値と交通事故の分析

a) 単路部での比較

国道153号線と旧国道153号線とのアクセレーションノイズ予測値と交通事故との分析を行うために、両者の各パターンにおけるノイズ予測値と交通事故発生件数との関係を図-10に示す。これよりノイズ予測値が6 (km/h/sec)²以上になると交通事故発生件数が急激に増加し、ノイズ予測値が6 (km/h/sec)²以下の交通事故発生件数の約2倍近い値を示している。また、ノイズ予測値が4 (km/h/sec)²と6 (km/h/sec)²の両者を比較すると、わずかではあるがノイズ予測値6 (km/h/sec)²の方が交通事故率が増加している。

b) 交差点部での比較

両道路の(交通事故発生件数/ノイズ予測値)の値を取ると、国道153号線では約0.9倍であるのに対して、旧国道153号線では、最大でも約0.6倍となり、かなりの差が見られる。特に旧国道153号線のパターンB、C、Lは国道153号線の同じパターンの道路・交通条件と同じであるため、ほぼ同様の交通事故発生件数を示すはずであったが、旧国道153号線の一部測定によれば、平均交通量は550台/時であったが、右折車が比較的小さく、国道153号線の右折率の1/3~1/2倍であることが分かった。またパターンBでは右折車線が設置され、これによる効果が大きかったと思われる。

このように、交差点部における交通事故発生への対応は、アクセレーションノイズによる分析のほかには右左折交通量、交通信号制御、横断歩道の有無等も考慮する必要がある。

7. まとめ

本研究では、アクセレーションノイズが交通環境の変化によって変動することに着目し、大都市に隣接する郊外道路(国道153号線)で実測し得られたアクセレーションノイズと道路・交通条件等との相関を回帰し、得られた予測モデルから求められたアクセレーションノイズと交通事故発生件数との関係を比較検討することによって、アクセレーションノイズ予測モデルは、道路・交通環境条件を改良する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。

(1) 数量化理論I類による回帰分析の結果、アクセレーションノイズ予測モデルは、説明変数(走行速度、

年齢、勾配、車線数、交通量、道路線形、一時停止およびダミー変数)との重相関係数は0.96となり、道路・交通環境および個人特性により約93%が説明可能となり、良好な予測モデルとなった。

(a) 走行速度は、45 km/h 以下で走行する場合は負の符号がつき、予測モデルの値を下げる方向にはたらくが、本研究対象地域で、このような走行速度で走行する場合は“一時停止”との関係があり、総合的に予測モデル値を上げる方向にはたらく。これに対して、65~75 km/h の時、正の最小値を示し、75 km/h 以上になると正の最大値となり、予測モデル値を上げる方向にはたらく。

(b) アクセレーションノイズを算出する際、一時停止および信号制御等の影響を受けている区間は、単路部でのアクセレーションノイズとオーダーが異なるために、同一に論じることができない。

(c) 交通量の有無によってアクセレーションノイズ予測値に与える影響の大きさが異なり、特に交通量がある場合は、追越し等が許される多車線道路でのアクセレーションノイズに大きな変動が見られる。また、一車線(追越し禁止)では先行車の速度により、アクセレーションノイズが変動することも明らかになった。

(d) 道路線形は、直線、緩曲線部でのアクセレーションノイズ予測値にほとんど影響はないが、曲線半径が小さくなれば、アクセレーションノイズは大きくなる。

(e) 若年者 21~22 歳 (10 名)、熟年者 55~63 歳 (8 名) を被験者として使用したが熟年者の方が予測モデルに与える影響が少なかった。

(f) 車線数は一車線(追越し禁止の標識あり)の場合、被験車両が先行車両の走行速度に追従することが多いため比較的負の符合がついているのに対し、二車線の場合は、自由走行が許されるため前者にくらべて大きな値を示した。

(2) アクセレーションノイズ予測モデルのカテゴリで説明した説明変数の場合、求められたアクセレーションノイズと交通事故発生件数との相関関係は、きわめて高いことが明らかとなった。

1) ノイズ予測値が 6 (km/h/sec)^2 の基準値をこえたパターンで急激に交通事故発生件数の増加することが明らかとなった。

2) 交差点部の比較では、道路・交通条件がほぼ同じ時はアクセレーションノイズ予測値のみを用いて交通事故発生件数を予測することが可能であるが、特に交差点部での右左折交通量、交通信号制御、横断歩道の有無等を十分に考慮する必要がある。

今後、路線ごとに実測を行いアクセレーションノイ

ズ予測モデルを構築する必要がある。

最後に、本論文に対し、編集委員から示唆に富む多くの貴重なご意見をいただきました。記して感謝します。

参考文献

- 1) 三谷浩：交通事故要因分析の一例：交通工学 Vol. 11, No. 2, pp.4-14, 1976.3.
- 2) 鍛冶晃三, 卷上安爾, 前田依彦：高速道路の事故解析, 交通工学, Vol. 8, No. 4, pp.3-12, 1973.7.
- 3) 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, 1980.7.
- 4) Robert E. Chandler, Robert Herman and Elliott W. Montroll: TRAFFIC DYNAMICS, STUDIES IN CAR FOLLOWING, *Operations Research Society of America* 6, pp.165-184, 1958.
- 5) 越正毅, 岩崎征人, 大蔵泉, 西宮良一：渋滞時の交通流現象に関する研究, 土木学会論文報告集第 306 号, pp. 59-70, 1981.
- 6) Robert Herman, Elliott W. Montroll and Renfrey B. Potts: TRAFFIC DYNAMICS, ANALYSIS OF STABILITY IN CAR FOLLOWING, *Operations Research Society of America* 7, pp. 86-106, 1959.
- 7) Trevor R. Jones and Renfrey B. Potts: THE MEASUREMENT OF ACCELERATION NOISE; A TRAFFIC PARAMETER, *Operations Research Society of America*, pp.745-763, November-December 1962.
- 8) 川浦深, 岩崎征人, 大野積, 小沢邦義: Natural Acceleration Noise の測定, 交通工学, Vol. 7, No. 5, pp.25-34, 1972.9.
- 9) 野田宏治, 荻野弘, 栗本讓: 自動車の走行指標を用いた運転技術評価に関する研究, 土木学会論文集, No. 494, pp.137-145, 1994.7
- 10) 高田弘, 栗本讓: 道路の特性と交通事故, 道路 277 号, pp.198-203, 1964.
- 11) Kamal Shoarian Sattari and David Powell: MEASURED VEHICLE FLOW PARAMETERS AS PREDICTORS IN ROAD TRAFFIC ACCIDENT STUDIES, *TRAFFIC ENGINEERING & CONTROL*, pp.328-335, No. 6. 1987.
- 12) メモリーカード・リード・ライタ “取扱説明書”, 愛知電機株式会社.
- 13) 前掲 9)
- 14) 前掲 10)
- 15) 栗本讓, 荻野弘, 野田宏治, 手塚二郎, 神作博, 高橋政稔, 神田真勇: 高齢運転者のアクセレーションノイズの測定システムとその指標化に関する研究, 文部省科学研究費助成金試験研究成果報告書, 1987.
- 16) 今井稔, 松本幸正, 栗本讓: 道路・交通条件の変化が自動車の加減速度に与える影響に関する研究, 土木学会中部支部, 平成 3 年度研究発表会講演概要集, pp.435-436, 1992.3.
- 17) 愛知県交通安全協会(財): 安全運転テキスト, No. 37, 1992.
- 18) 今井稔: 自動車のアクセレーションノイズによる交通環境の評価に関する研究, 名城大学大学院修士学位論文, 1993.2.
- 19) 武部公一・多田考司: アクセレーションノイズと道路条件との相関関係について, 名城大学卒業論文, 1991.3.

(1994.8.31 受付)

PREDICTOR MODEL OF ACCELERATION NOISE AND TRAFFIC ACCIDENT IN CONSIDERATION OF ROAD TRAFFIC CONDITIONS

Koji NODA, Minoru IMAI, Hiroshi OGINO and Yuzuru KURIMOTO

This paper explains the relation between road traffic conditions and acceleration noise, and makes the predictor model of acceleration which is explained from road traffic conditions and driver's performance. Then this paper proves the possibilities to predict the sections where traffic accidents happen frequently from the correlation of traffic accidents with the acceleration noise which is given by predictor model applied to other road. We show that this model contributes to the improvement of road traffic conditions for reducing traffic accidents.