

## 統計的方法による道路の事故危険度評価に関する研究

A STUDY ON THE IDENTIFICATION OF HAZARDOUS HIGHWAY  
LOCATIONS BY STATISTICAL METHODS

齋藤和夫\*・加来照俊\*\*

By Kazuo SAITO and Terutoshi KAKU

## 1. はじめに

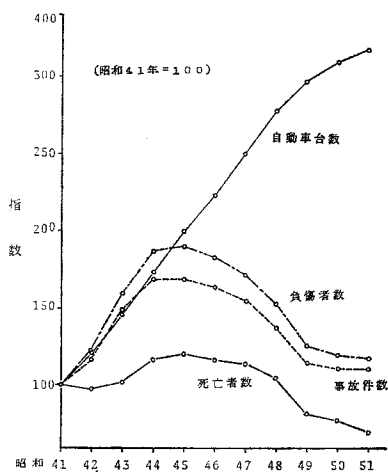
道路における交通事故の著しい増加が重大な社会問題として認識されるようになってから、国、地方公共団体等の関係機関は幾多の交通安全対策を積極的に推進してきた。その効果として、増加の一途をたどってきたわが国の交通事故は昭和 44 年の 72 万件をピークにして減少に転じ、その後の減少傾向は著しいものがあった。しかし、交通事故の要因は複雑多岐であることやこれまでの対策は激増する事故への応急的な対応にとどまりがらであったことなどから、図一1 にみられるように、最近ではその効果が逡減の傾向にあり、問題の根本的な解決が図られていないうらみがある。

交通事故の減少傾向を長期的に定着させるためには、今後とも交通安全対策の実施に一段と努力する必要があることは論をまたないが、これからの対策は有限な安全対策費を効率的に使用し、全体として最大の効果—事故減少—を発揮する効率的なプログラムとして作成されることが重要であり、そのためのシステムを確立することが交通安全研究の当面する緊急の課題の一つであると考えられる<sup>1)</sup>。しかしながら、そのための基礎的な足場固めや研究的な解析は必ずしも十分に行われていないのが現状であり、この立場からの研究が強く要請されているところである。

そこで、効率的なプログラムを作成するシステムを確立しようとする場合には、対策に関する限界部分、すなわち場所的限界部分と手段的限界部分を明確化する方法論が重要な問題となる<sup>2)</sup>。前者は既存の道路において交通安全上問題となる区間や箇所を合理的に抽出する事故危険度の評価方法の問題であり、後者は抽出された区間等の事故調査に基づいて開発された対策手段（代替案）

の効果推定方法の問題である。これらの方法論が確立されることによって、地点的な対策から出発してこれからもっとも効果的に事故減少が期待される全国的あるいは地域別の費用と効果を反映した効率的な対策プログラムの作成と実施が可能となるものと考えられる。しかし、これらの方法論に関するわが国の研究例は少なく、その数理的な方法を確立するまでには到っておらず、このことが効率的な交通安全対策計画の作成を困難にし、その質的向上をも阻害している大きな原因となっているといえる。

こうした背景のもとで、著者は交通安全対策計画の策定システムに関する研究を進めているが、本論文は、そのために第 1 に重要となる道路の事故危険度評価の問題を取り上げ、従来の評価方法における問題点をふまえ、科学的合理性をもった事故危険度評価方法を確立するために、統計的次元からいくつかの事故危険度解析を行った結果について報告するものである。なお、本論の一部は土木学会全国大会等<sup>3)~6)</sup>で発表したが、本論文ではそれらに新たな解析結果を加えて一つに取りまとめ、体系



図一1 交通事故の推移 (昭和 41 年~51 年)

\* 正会員 工修 室蘭工業大学助教授 工学部土木工学科

\*\* 正会員 工博 北海道大学教授 工学部土木工学科

的に考察したものである。

## 2. 道路における事故危険度評価の問題

### (1) 事故危険度評価の目的と意義

道路上の交通事故を調査してみると、延長方向にくまなく分布はしているが、大部分は比較的少ない区間等で悪条件の箇所集中していることがわかる。この事故の集中傾向は交通安全対策を考えるうえで考慮すべき重要な要素である。

現実には交通事故多発の傾向にあるか、あるいは将来において多発の危険性がある、いわゆる事故多発区間(hazardous section)は、他の区間に比較して運転者の判断を遅らせ、あるいは誤らせやすい道路環境上問題のある箇所であることを意味している。既存の道路についてこれらの危険区間を合理的に探り出して重点的に調査し、道路構造の改善、交通安全施設の整備、さらにそれらの施設が十分に効果を発揮するよう適切に交通規制を施すことは、総合的な交通安全対策の一環として基本的かつきわめて効果的な方法である。

そこで、このような交通安全対策事業を的確にしかも効果的に推進するためには、まずある道路が路線全体として、あるいは区間として、事故発生の危険度がどの程度であるかを客観的に公平に評価し、優先的に改善すべき危険度の高い箇所を合理的に抽出することが必要となる。したがって、道路における事故危険度を評価することの目的は、最大の事故減少が期待される個々の危険区間を抽出することであり、それによって道路の安全対策における全体の必要性の尺度を与えることにある。そして道路網の安全性確保をシステムの目的とした場合、危険区間を優先的に改善することは、道路の安全性を均一化し向上するという、全体最適化に対する部分最適化として、また有限な資金の効果的使用上からも重要な意義をもつものである。

### (2) 従来の評価方法とその問題点

道路の事故危険度を普遍的、総合的に評価する数理的方法はまだ確立されていないといえるが、しかし道路の安全性向上を目的としたいかなる決定をなす場合にもまず事故発生の危険度を評価、予測しなければならない。そのため、従来から種々の方法が提案され、また利用されてきている<sup>3)</sup>。そのうち、もっとも一般的に用いられている方法は次の2つである。

① 事故数法(Number Method)：地点に対しては事故件数(または死者数あるいは死傷者数、以下同じ)の絶対数、区間に対しては式(1)による事故密度(ac-

density)を尺度とする方法。

$$D_i = A_i / L_i \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

$D_i$ ： $i$ 区間の事故密度(件/km)

$A_i$ ：調査期間における $i$ 区間の事故件数

$L_i$ ： $i$ 区間の区間長(km)

② 事故率法(Accident Rate Method)：地点に対しては交通量あたりの事故件数、区間に対しては式(2)による走行台キロあたりの事故率(accident rate)を尺度とする方法。

$$R_i = \frac{A_i}{365 \cdot ADT_i \cdot L_i} \times 10^8 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、

$R_i$ ： $i$ 区間の事故率(件/億台キロ)

$ADT_i$ ： $i$ 区間の年平均日交通量(ADT)

$A_i, L_i$ ：式(1)と同じ

これら2つの尺度のいずれかを用いて道路の事故危険度を評価し、危険区間を抽出するのが普通であるが、その場合に考慮すべき2つの重要な問題点がある。1つは短区間や交通量の少ない箇所の危険度を高く評価する傾向が強いことである。これは事故発生の偶然変動を考慮していないことに起因するものであり、この偶然変動の考慮の欠如がこれらの尺度のもつ最大の欠点である。もう1つは、危険区間を抽出する基準設定の問題である。すなわち、これらの尺度に対して絶対的な限界基準を設定する根拠が与えられていないことである。従来、この問題に対処する一つの方法は対象道路の平均値を基準とするものであり、アメリカの例では事故密度について平均値の2倍を、また事故率については平均値を限界基準として設定する方法がとられている<sup>5)</sup>。

また、わが国の「交通安全施設等整備事業に関する緊急措置法」(以下「緊急措置法」という)では、緊急に安全を確保すべき道路区間の選定基準として、表-1に示すような交通量の範囲に従って所定の事故率(死傷者事故率)を越える区間を事故多発区間としている。この基準は事故率の実測データを基礎にして定められたものといわれ、交通量の範囲に従って限界基準を変化させている点でより合理的であると考えられるが、この基準のみでは事故多発区間が大量に抽出されたり、また逆に全

表-1 緊急措置法の指定基準

交通量(台/日)	交通事故死傷率 (人/億台キロ)
500 以上～1000 未満	500
1000 " ～3000 "	400
3000 " ～5000 "	350
5000 " ～7500 "	300
7500 " ～10000 "	250
10000 " ～15000 "	200
15000 " ～	150

件の事故率が低下するにつれて少量しか抽出されないといった危険性をもっている<sup>7)</sup>。

(3) 統計的次元からのアプローチ

交通事故の発生は本来きわめて偶発的 (accidental) なものであり、また稀現象である。したがって、交通事故の一件一件を考え、それを一般的に原因づけて説明しようとしても、結局はっきりしたことがわからない場合が多い。しかしながら、交通事故を全体的にとらえ、大量観察的、統計的にみると、個々の偶然性からも全体を支配する規則性を把握することが可能となる。道路が交通事故に対して危険であるか否かについても、上述の規則性をもっとも簡単な形で要約していると思われる事故発生危険度を区間特性との関連において設定することにより、統計的次元からこの危険度の数量化が可能であるならば、事故多発区間の抽出により合理性、確実性が期待できるものと考えられる。

交通事故という一つの現象から統計的手法によって道路の危険性を評価し、また予測しようとする場合に、このような現象を多数観測し調査したデータをもとにし

て、数量的評価に結びつけていく必要がある。その際、組み立てられた解析機構、すなわち定式化されたモデルが重要となることはいうまでもない。そこで本論文では、事故危険度の評価問題への統計的次元からのアプローチとして、図-2 に示すような2つの立場から北海道の国道網での観測データを用いて統計的解析を行い、科学的合理性をもった事故危険度の評価、判別方法の開発の可能性を検討することにより、効率的な交通安全対策計画作成のシステム化を図る基礎的研究を行ったものである。

3. 解析データの概要と相関関係

統計的解析の対象とした道路は北海道の一般国道 34 路線 (総延長約 4 800 km) で、データは時系列的な影響を考慮するために昭和 46 年と 49 年に関するものを別個に取り扱っている。交通事故はこの道路網上でそれぞれの調査年中に発生した人身事故 12 132 件 (死傷者 19 334 人) と 6 677 件 (死傷者 11 008 人) である。また、道路区間はそれぞれの年に建設省が行った全国交通情勢調査の調査区間を基本として、446 区間および 461 区間に分けており、交通事故は交通事故原票記載の発生場所に従って各区間に分類し、事故密度と事故率をそれぞれ式 (1) と式 (2) によって計算した。これら解析データの概要をまとめて表-2 に示す。また、道路区間の区間長別頻度分布および事故率別区間頻度分布を図-3 と図-4 に示す。

道路区間の特性を示す道路交通要因としては、前記交通情勢調査で得られた、あるいはそれを加工した 10 要因を採用している。なお、「混雑度」は通常、日交通量/設計基準交通量で表わされる指標であるが、本論文では道路幅員と交通量の関係を考慮して、混雑度=交通量/道路幅員と定義している。これらの要因、事故率および要因相互間の相関係数、各要因の平均値、標準偏差 (SD) を表-3 に示し、さらに事故率と代表的な要因と

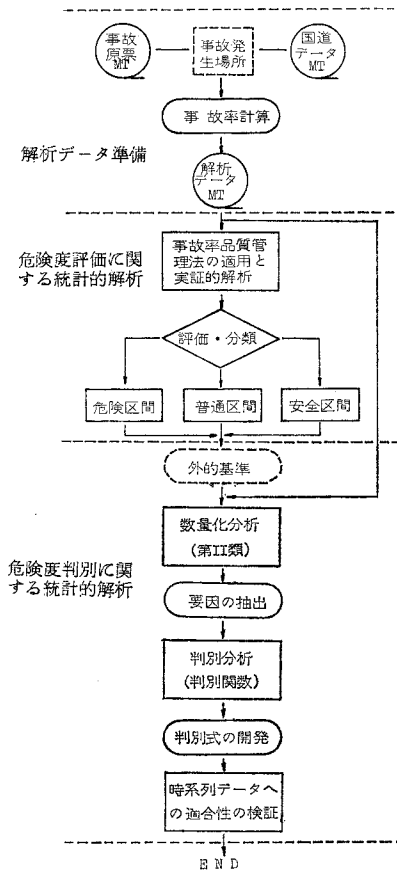


図-2 事故危険度解析のプロセス

表-2 解析データの概要

項	目	昭和 46 年	昭和 49 年	変化率 (昭 49/46)
合 計	路 線 数	34	34	—
	区 間 数	446	461	1.03
	総 延 長 (km)	4 806.6	4 843.2	1.01
	総走行台キロ (億台キロ)	62.2856	71.3370	1.15
	事 故 件 数	12 132	6 677	0.55
平 均	死 傷 者 数	19 334	11 008	0.57
	区 間 長 (km)	10.8	10.5	0.97
	事 故 件 数 (件/区間)	27.2	14.5	0.53
	死 傷 者 数 (人/区間)	43.3	23.9	0.55
	事 故 密 度 (件/km)	2.52	1.38	0.55
均	事 故 率 (件/億台キロ)	194.78	93.60	0.48
	死 傷 率 (人/億台キロ)	310.41	154.31	0.50

表-3 道路交通要因の相関行列、平均値と標準偏差（右上半分が昭和46年データ、左下半分が昭和49年データ）

道路交通要因	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	A	D	R	$M_0$	S.D.
道路幅員 (m)	0.7380	0.5417	-0.6067	0.3403	0.3548	0.6858	0.3724	0.8347	0.6003	0.6033	0.7835	0.7835	0.5099	7.89	3.14
信号交差点密度 (個/km)	0.7095	0.4871	-0.5738	0.6771	0.3202	0.5909	-0.4112	0.6806	0.4922	0.4561	0.8339	0.8339	0.6565	0.51	1.09
非信号交差点密度 (個/km)	0.5594	0.5302	-0.5620	0.3158	0.5107	0.6245	-0.2321	0.4805	0.4007	0.5521	0.5455	0.5455	0.3258	1.21	1.89
区間速度 (km/hr)	-0.5134	-0.7097	-0.5230	-0.4615	-0.5120	-0.5777	0.2977	-0.5586	-0.4377	-0.3547	-0.6533	-0.6533	-0.6256	444.7	10.2
歩行者交通量 (人/12h)	0.3517	0.5679	0.2830	-0.4595	0.2768	0.3481	-0.2958	0.2617	0.1986	0.1847	0.5054	0.5054	0.5149	836.2	2386.5
自転車交通量 (台/12h)	0.2589	0.3692	0.3977	-0.5064	0.2489	0.6647	-0.1499	0.2967	0.2694	0.2258	0.3805	0.3805	0.4662	271.0	356.3
自動二輪車交通量 (台/12h)	0.6110	0.6450	0.5126	-0.7033	0.3527	0.6293	-0.3831	0.7664	0.6948	0.5684	0.7108	0.7108	0.5146	230.4	264.9
貨物車混入率 (%)	-0.4539	-0.4812	-0.3416	0.4068	-0.2327	-0.4544	-0.4234	-0.4544	-0.3794	-0.3021	-0.4066	-0.4066	-0.2283	55.0	9.6
自動車交通量 (台/12h)	0.8170	0.7339	0.4910	-0.5861	0.3346	0.2262	0.7240	-0.4534	0.8981	0.7514	0.8009	0.8009	0.3835	6410.6	7449.3
混雑度 (台/m)	0.4304	0.5676	0.3359	-0.5032	0.1992	0.5991	-0.3260	0.8097	0.6897	0.6897	0.6178	0.6178	0.2803	680.6	547.9
事故件数 (件)	0.5241	0.5134	0.2094	-0.3888	0.1691	0.2181	-0.2767	0.6977	0.6159	0.6159	0.7068	0.7068	0.4036	27.2	33.5
事故密度 (件/km)	0.6558	0.8275	0.4637	-0.6649	0.4811	0.4022	0.6916	-0.4392	0.7507	0.7507	0.6927	0.6927	0.7226	2.52	4.94
事故率 (件/億台キロ)	0.2964	0.5174	0.3787	-0.5507	0.3239	0.4426	0.4022	-0.1879	0.2471	0.2471	0.3548	0.3548	0.6858	194.8	210.6
平均	7.64	0.74	1.14	43.4	689.0	205.4	128.3	50.0	7053.3	812.2	14.5	1.38	93.6	46年	46年
標準偏差	2.70	1.38	1.64	10.5	1954.6	263.6	136.7	8.0	7558.3	728.9	15.9	2.45	108.9	49年	49年

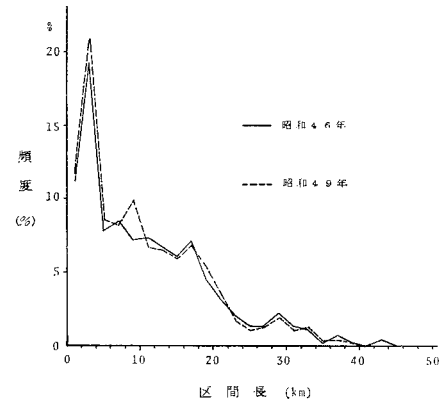


図-3 区間長別の区間頻度分布

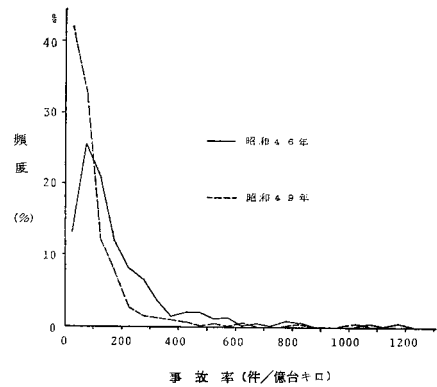
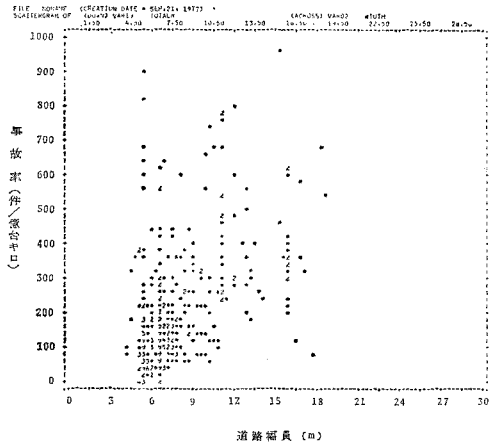


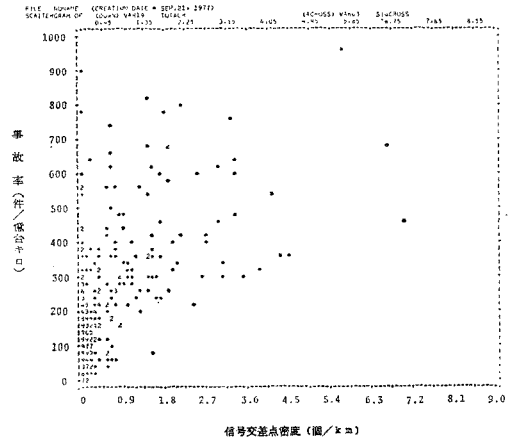
図-4 事故率別の区間頻度分布

の関係を昭和46年について図-5に示す。

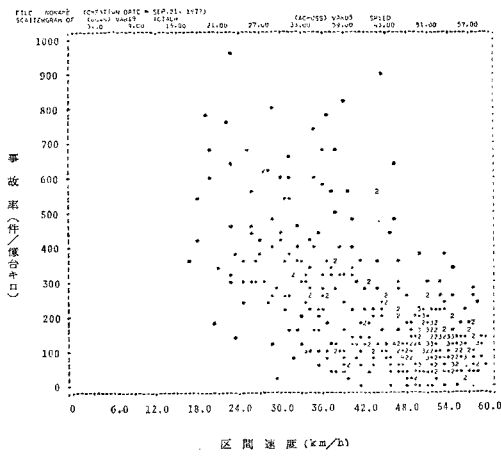
事故危険度の統計的解析を行う場合に区間長を均一にするのが望ましいと考えられるが、関連データの収集など実際上困難である。また、たとえば全国交通情勢調査など全国的な調査データを活用するなどの観点からすれば、それらの調査データに適合した解析が実用的な結果を与えるものと考えられる。本論はこのような立場から交通情勢調査に基づく長さの変化する区間を採用している。この場合には区間長が事故数および走行台キロに及ぼす影響を検討しておくことが必要となる。そこで、これらの関係を昭和46年について調べてみると図-6のようになる。この場合の相関係数は事故数について、 $r = -0.0706$ 、走行台キロについて  $r = 0.1799$  である。また、昭和49年についての相関係数はそれぞれ  $r = 0.1558$ 、 $r = 0.2173$  である。この相関係数について  $t$ -検定で有意性を検定すると、昭和46年の区間長と事故数間の相関係数以外は有意水準5%で有意性が認められた。このことから、区間長が事故数および走行台キロに及ぼす影響はないとはいえないが、相関係数の値が非常に小さいことからその影響



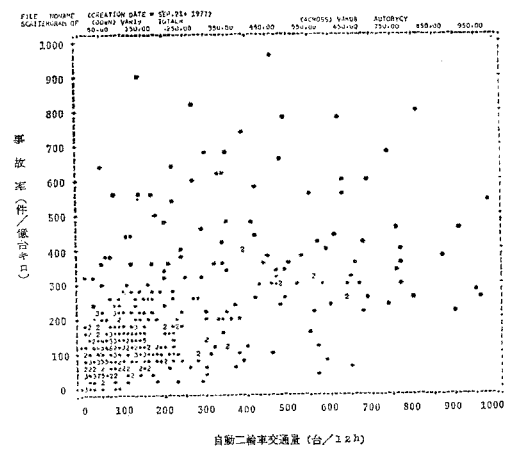
(a) 道路幅員との関係 ( $r=0.5099$ )



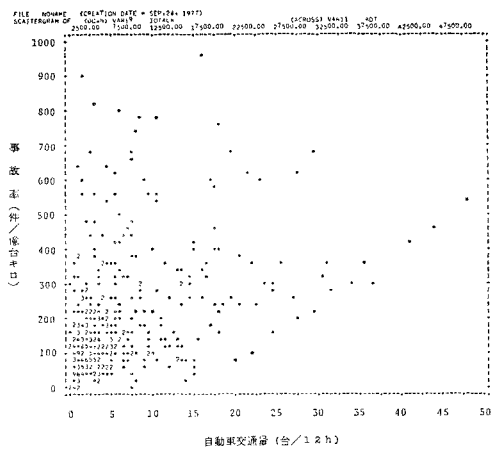
(b) 信号交差点密度との関係 ( $r=0.6565$ )



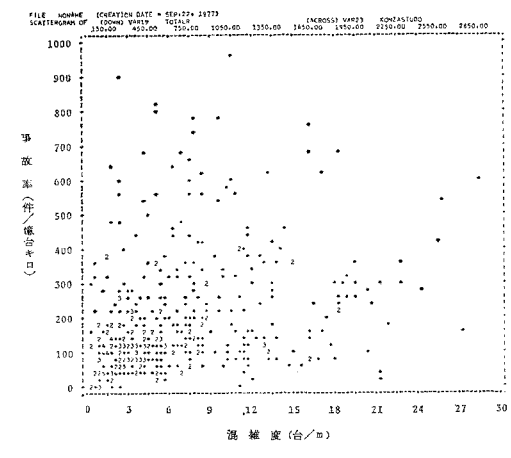
(c) 区間速度との関係 ( $r=-0.6256$ )



(d) 自動二輪車交通量との関係 ( $r=0.5146$ )

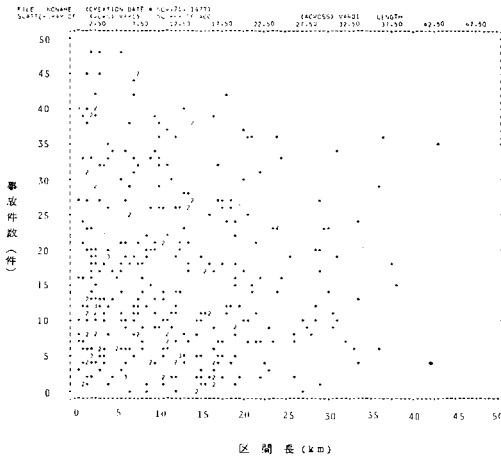


(e) 自動二輪車交通量との関係 ( $r=0.3835$ )

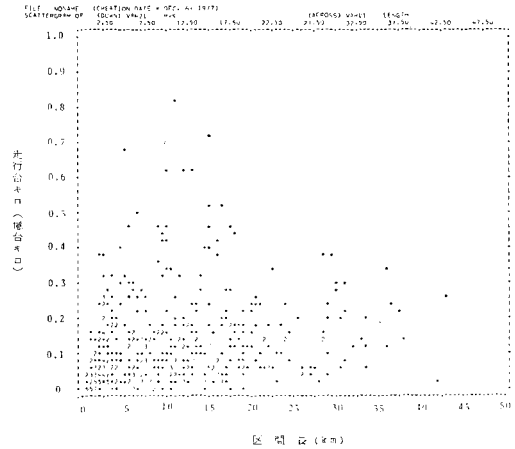


(f) 混雑度との関係 ( $r=0.2803$ )

図一 事故率と道路交通要因との関係 (昭和 46 年)



(a) 区間長と事故件数との関係 ( $r=-0.0706$ )



(b) 区間長と走行台キロとの関係 ( $r=0.1799$ )

図一六 区間長と事故件数，走行台キロとの関係 (昭和 46 年)

は大きくないものと考えられる。

#### 4. 事故危険度評価に関する統計的解析

##### (1) 解析の目的

事故率は道路の事故危険度を評価する尺度として広く世界的に利用されている。しかし、事故率にはすでに指摘したように2つの重大な欠陥がある。これまでにこれらの欠陥を改善すべく種々の努力が行われてきたが、その1つとしてアメリカでは1956年ごろから統計的品質管理の手法の応用が試みられるようになり、さまざまな経緯の末に事故率品質管理法 (Rate Quality-Control Method) として確立されてきた。著者はこれまでにこの手法の適用について検討してきたが、ここではこの手法を北海道の国道網へ適用して事故危険度解析を行い、その適用性と有効性を検討しようとするものである。

##### (2) 事故危険度評価手法—事故率品質管理法

事故率品質管理法とは、事故率のもつ2つの欠陥を改善すべく、「通常の変動の結果として事故率にどの程度の変動を期待すべきか」あるいは「設定された変動の許容限界を越えていると結論づけるためには、事故率ほどの程度の高さでなければならないか」という問題を設定して、事故発生確率分布から導かれた方法である。

この方法は1956年に M.L. Norden ら<sup>8)</sup>によってその考え方が提案され、1962年に B.M. Rudy<sup>9)</sup>によって具体的な適用が試みられた。しかし、1966年に S.K. Dietz<sup>10)</sup> が最初に導かれた基本式の誤りを発見し、修正を行ったものが現在用いられている。また、著者らも1966年にこの方法について2, 3の検討を試みている<sup>3)</sup>。

現在用いられている事故率品質管理法の基本式は次式で与えられている<sup>11)</sup>、注)。

$$\left. \begin{aligned} UCL &= \lambda_0 + k\sqrt{\frac{\lambda_0}{m} + \frac{1}{2m}} \\ LCL &= \lambda_0 - k\sqrt{\frac{\lambda_0}{m} - \frac{1}{2m}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、

- $UCL$  :  $i$  区間の事故率の上限 (upper control limit)
- $LCL$  :  $i$  区間の事故率の下限 (lower control limit)
- $k$  : 危険率  $\alpha$  に対する標準正規分布の値
- $m$  :  $i$  区間の走行台キロ (億台キロ)
- $\lambda_0$  : 道路全体の平均事故率 (件/億台キロ)

すなわち、道路上における任意の区間の事故率は、その区間における事故発生 の 偶然変動によって変化したが、その変動の許容限界は式 (3) で与えられる。いいかえると、事故発生に影響する基本的要因が大きく変化しない限り事故率はこの限界内で変動することが期待され、逆に事故発生に有意に影響する要因が存在する区間の事故率は  $UCL$  を越えて変動することが考えられる。したがって、式 (3) で設定される事故率の許容限界を基準とすれば、事故発生 の 偶然変動を考慮し、かつ科学的な判断基準をもって事故危険度の定量的評価が可能となる<sup>3)</sup>。

##### (3) 危険区間の抽出と改善の方法

事故率品質管理法によって道路の危険度を評価し、危険区間を抽出する方法は、対象道路の平均事故率  $\lambda_0$  と各区間の走行台キロ  $m$  を式 (3) に代入して限界事故率  $UCL$  と  $LCL$  を算出し、実際の区間事故率との比較に

注) この基本式を導く統計論的な考え方は文献 8)、修正に関する検討は文献 12)、基本式を導き出す過程をフォローしたものは文献 13) にそれぞれ示されている。

よって行われる。そして、図-7 の概念図で示されるように  $UCL$  を越える範囲に入る事故率をもつ区間 ( $\lambda_i > UCL$ ) は、 $P=(100-\alpha)\%$  の信頼水準で危険区

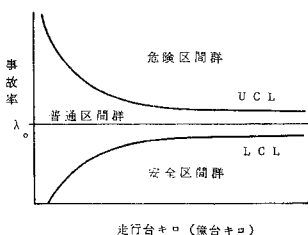


図-7 事故率品質管理法の概念

間として抽出される。この危険区間は単なる偶然変動の範囲を越えて統計的に有意に高い事故率をもっており、交通安全上問題のある事故多発区間とみなすものである。また、 $LCL$  を下回る範囲に入る事故率をもつ区間 ( $\lambda_i \leq LCL$ ) は、統計的に有意に低い事故率をもつ安全区間となり、 $UCL$  と  $LCL$  の間の範囲に入る事故率をもつ区間 ( $UCL \geq \lambda_i > LCL$ ) は通常の偶然変動内であるので普通区間となる<sup>13)</sup>。

このようにして事故率品質管理法により危険区間を抽出し、その改善対策プログラムを作成し実施する手順を示すと図-8 のようになる。

(4) 国道網における危険区間の抽出と要因分析

本法を北海道の国道網に適用して危険度評価を試みた。k 値として危険率  $\alpha=5\%$  ( $P=95\%$ ) に対する  $k=1.960$ <sup>注)</sup> を採用し、平均事故率として昭和 46 年について  $\lambda_0=194.78$  件/億台キロ、昭和 49 年について  $\lambda_0=93.60$  件/億台キロをそれぞれ式 (3) に代入して限界事故率を算定した。その計算結果を昭和 46 年についてそ

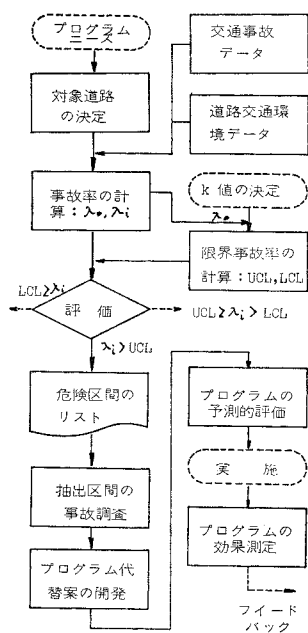


図-8 危険区間抽出と改善対策プログラム作成のプロセス<sup>13)</sup>

の一部を表-4 に示す。また、走行台キロに対する限界事故率と区間事故率との比較を図-9 に示し、それによる危険区間、普通区間および安全区間を選別した結果をまとめると表-5 のようになる。

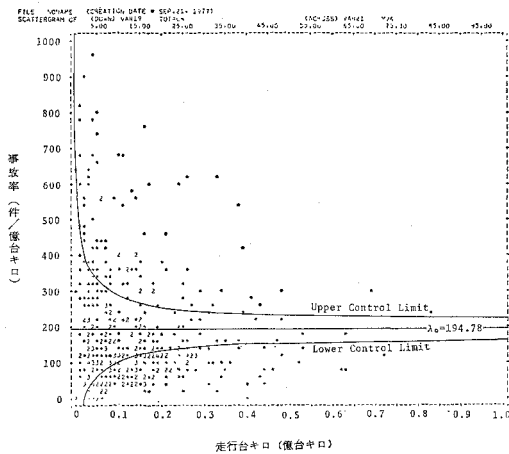
これらの結果を昭和 46 年についてみると、446 区間のうち 101 区間 (総延長の 7.2%) が危険区間として抽出され (抽出率 22.6%)、そこでは事故全体の 49.2%、死傷者数の 44.4% が発生しており、普通区間は 219 区間 (総延長の 49.6%) で抽出率 49.1%、安全区間は 126 区間 (総延長の 43.6%) で抽出率 28.3% となっている。また、昭和 49 年についてみると、461 区間のうち 89 区間 (総延長の 6.5%) が危険区間として抽出され (抽出率 19.3%)、そこでは事故全体の 40.7%、死傷者数の 36.1% が発生している。普通区間は 272 区間 (総延長の 63.2%) で抽出率 59.0%、安全区間は 100 区間

表-4 事故率品質管理法による道路区間の危険度評価 (昭和 46 年一部分)

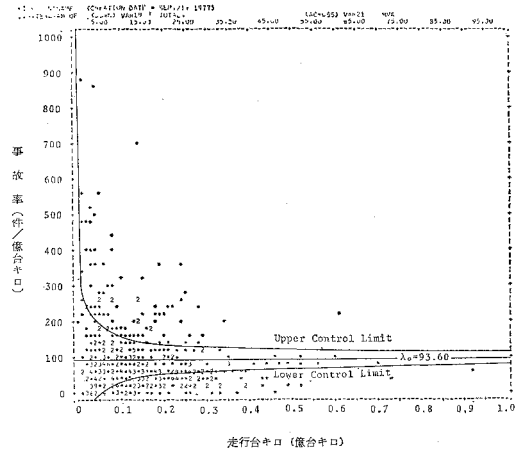
区間	区間長 (m)	交通量 (台/12h)	走行台 km (億台 km)	事故数 (件)	事故率 $\lambda_i$	上限事故率 $UCL_i$	下限事故率 $LCL_i$	評価
i	$L_i$	$ADT_i$	$m_i$	$A_i$	$\lambda_i$	$UCL_i$	$LCL_i$	
1	2.9	22 898	0.2424	147	606.5	252.4	137.2	H*
2	3.1	13 489	0.1526	48	314.5	268.1	121.5	H
3	14.5	7 887	0.4174	96	230.0	238.3	151.2	N
4	22.4	4 309	0.3523	57	161.8	242.3	147.3	N
5	2.3	7 530	0.0632	29	458.8	311.5	78.1	H
6	28.6	3 738	0.3902	94	240.9	239.9	149.7	H
7	2.7	7 545	0.0744	29	390.0	301.8	87.7	H
8	20.1	3 485	0.2557	30	117.3	250.8	138.7	S
9	7.7	3 396	0.0954	12	125.7	288.6	101.0	N
10	2.3	5 615	0.0471	15	318.2	331.4	58.2	N
11	14.8	1 290	0.0697	11	157.9	305.6	84.0	N
12	29.0	1 038	0.1099	17	154.7	281.9	107.7	N
13	10.5	1 784	0.0684	21	307.1	306.7	82.9	H
14	10.6	1 965	0.0760	13	171.0	300.6	89.0	N
15	12.6	4 022	0.1850	14	75.7	261.1	128.5	S
16	0.6	4 553	0.0099	16	1 604.6	518.9	-129.3	H
17	13.7	3 546	0.1773	26	146.6	262.6	127.0	N
18	21.2	3 325	0.2573	36	139.9	250.7	138.9	N
19	6.9	4 654	0.1172	44	375.4	279.0	110.6	H
20	0.6	7 494	0.0164	8	487.5	438.8	-49.2	H
...	...	...	...	...	...	...	...	...
439	16.4	627	0.0375	4	106.6	349.3	40.3	N
440	4.1	1 385	0.0207	19	916.7	408.9	-19.4	H
441	16.1	1 529	0.0899	11	122.4	291.6	98.0	N
442	5.8	2 398	0.0508	6	118.2	326.0	63.5	N
443	24.5	1 917	0.1714	33	192.5	263.8	125.8	N
444	2.5	3 919	0.0358	13	363.5	353.4	36.2	H
445	1.4	13 203	0.0677	23	340.9	307.5	82.1	H
446	0.4	8 700	0.0127	10	787.3	476.9	-87.3	H

\* H: 危険区間 N: 普通区間 S: 安全区間

注) この k 値は任意に定めることができるが、k 値を大きく (危険率を低く) すると抽出される危険区間が少なくなる。逆に、k 値を小さく (危険率を高く) すると抽出される危険区間が多くなり、危険区間抽出に対する統計的な信頼性が低下する。本論で採用した  $k=1.960$  は著者の過去におけるケース・スタディ<sup>8),13)</sup>の結果から定められたものである。



(a) 昭和46年データ



(b) 昭和49年データ

図-9 走行台キロに対する区間事故率と限界事故率との関係

表-5 事故率品質管理法による危険度評価の結果

年	項目 区間グループ	区間数		延長		走行台キロ		事故件数		事故率 (件/億台キロ)
		区間	%	km	%	億台キロ	%	件	%	
昭和46年	危険区間	101	22.6	345.3	7.2	14.383	23.1	5965	49.2	414.7
	普通区間	219	49.1	2381.9	49.6	23.203	37.2	4021	33.1	173.3
	安全区間	126	28.3	2079.4	43.2	24.700	39.7	2146	17.7	86.9
	合計	446	100.0	4806.6	100.0	62.286	100.0	12132	100.0	194.8
昭和49年	危険区間	89	19.3	317.1	6.5	11.554	16.2	2719	40.7	235.3
	普通区間	272	59.0	3060.5	63.2	38.697	54.3	3262	48.9	84.3
	安全区間	100	21.7	1465.6	30.3	21.086	29.5	696	10.4	33.0
	合計	461	100.0	4843.2	100.0	71.337	100.0	6677	100.0	93.6

(総延長の30.3%)で抽出率21.7%となっており、昭和46年に比べて危険区間数が減少し、普通区間が増加している。

さらに、危険区間の平均事故率は昭和46年に426.8件/億台キロで道路網全体の平均値の2.2倍となっており、昭和49年のそれは235.3件/億台キロで全体の平均値の2.5倍とそれぞれかなり高い値を示している。このことから抽出された危険区間の事故多発傾向をうかがい知ることができる。

そこで、このようにして評価、抽出された危険、普通、安全の各区間群の間に区間特性が有意な差をもっているかどうか、すなわち各区間群が互いに異なる母集団からのサンプルであるかどうかについて、正規分布による平均値の差の検定法を用いて要因分析を試みた。その方法は、2つの母集団A、Bがあって、それらの特性値xについての真の平均値と分散をそれぞれ(μ<sub>A</sub>, σ<sub>A</sub><sup>2</sup>), (μ<sub>B</sub>, σ<sub>B</sub><sup>2</sup>)とすると、真の平均値μ<sub>A</sub>, μ<sub>B</sub>の差の検定は、

$$U = \frac{(\bar{x}_A - \bar{x}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}}} \dots\dots\dots (4)$$

がN(0, 1)の正規分布をなすことを利用する<sup>7), 14)</sup>。ここに、 $\bar{x}_A, \bar{x}_B$ はそれぞれの母集団からのサンプルの平

均値である。実際にはn<sub>A</sub>, n<sub>B</sub>が十分に大きい(>30)のでμ<sub>A</sub>-μ<sub>B</sub>=0とにおいて、式(5)から危険区間(A)と普通区間(B)についてU<sub>1</sub>、普通区間(B)と安全区間(C)についてU<sub>2</sub>を計算し、この値が1.960より大きければ有意水準95%(危険率α=5%)で区間特性に有意な差があるとしている。

$$U_1 = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}}}, U_2 = \frac{|\bar{x}_B - \bar{x}_C|}{\sqrt{\frac{S_B^2}{n_B} + \frac{S_C^2}{n_C}}} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、

- $\bar{x}_A, \bar{x}_B, \bar{x}_C$ : 各区間群の区間特性の平均値
- $S_A, S_B, S_C$ : 各区間群の区間特性の標準偏差
- $n_A, n_B, n_C$ : 各区間群のサンプル数

この計算結果を表-6に示す。この結果から次のことがわかる。

(i) 危険区間と普通区間では取り上げた特性のすべてに有意な差が認められ、危険区間は普通区間と異なる母集団に属していることがわかる。

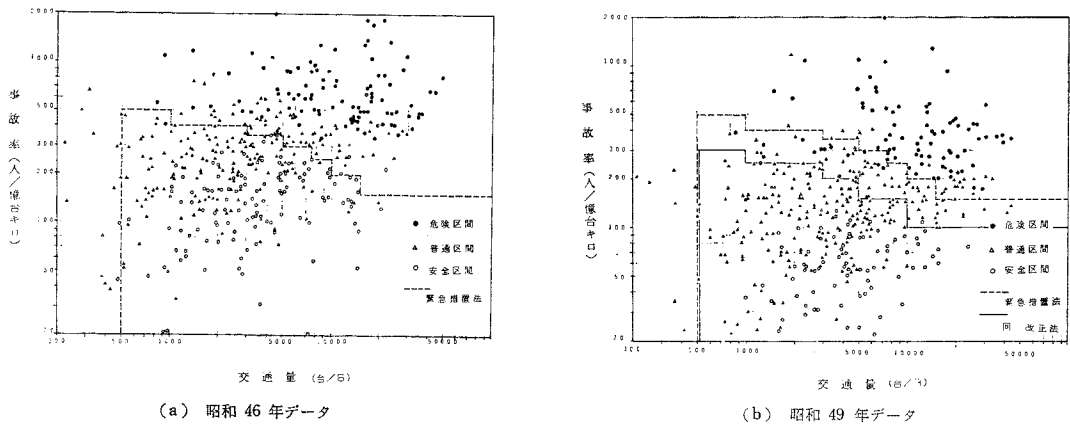
(ii) 普通区間と安全区間では調査年によって道路幅員、歩行者交通量、混雑度に有意な差が認められない場合がある。自動車交通量は兩年とも有意な差が認められ



表一6 危険、普通、安全区間グループの要因別平均値、標準偏差と検定の結果

区間グループ サンプル数 区間特性	昭和46年								昭和49年							
	危険区間(A)		普通区間(B)		安全区間(C)		U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	危険区間(A)		普通区間(B)		安全区間(C)		U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>
	n <sub>A</sub> =101		n <sub>B</sub> =219		n <sub>C</sub> =126				n <sub>A</sub> =89		n <sub>B</sub> =272		n <sub>C</sub> =100			
	$\bar{x}_A$	S <sub>A</sub>	$\bar{x}_B$	S <sub>B</sub>	$\bar{x}_C$	S <sub>C</sub>	$\bar{x}_A$	S <sub>A</sub>	$\bar{x}_B$	S <sub>B</sub>	$\bar{x}_C$	S <sub>C</sub>				
道路幅員 (m)	11.43	3.70	6.90	1.78	6.81	1.69	10.566*	0.474	9.80	3.69	7.25	2.32	6.79	1.25	6.071*	2.421*
信号交差点密度 (個/km)	1.70	1.74	0.19	0.39	0.10	0.18	8.656*	2.900*	2.43	2.01	0.41	0.82	0.14	0.32	9.182*	4.500*
非信号交差点密度 (個/km)	2.96	2.70	0.87	1.41	0.42	0.43	7.366*	4.357*	2.52	2.20	0.93	1.43	0.48	0.45	6.360*	4.639*
区間速度 (km/12h)	32.8	9.39	47.0	8.23	50.4	5.26	13.037*	4.711*	30.3	7.58	45.3	8.90	49.8	6.19	15.515*	5.432*
歩行者交通量 (人/12h)	2384	4552	446	706	274	429	14.255*	2.804*	2140	3993	364	589	283	393	4.182*	1.519
自転車交通量 (台/12h)	573	471	210	282	136	188	7.175*	2.903*	451	375	158	194	117	159	7.093*	2.073*
自動二輪車交通量 (台/12h)	536	316	153	176	119	130	11.399*	2.068*	281	179	100	100	69	64	9.089*	3.477*
貨物車混入率 (%)	50.4	13.9	56.7	7.2	56.2	7.7	4.352*	0.687	44.9	8.3	51.7	7.5	50.5	8.4	6.979*	1.213
自動車交通量 (台/12h)	13946	10136	4000	4569	4559	4330	9.429*	1.129	13571	9606	5692	6552	4954	4149	7.209*	1.285
混雑度 (台/m)	1120	599	512	433	621	491	9.158*	2.064*	1380	1121	676	535	678	443	5.713*	0.004
事故件数 (件)	59.1	50.2	18.4	19.4	17.0	15.5	7.883*	0.698	30.6	22.7	12.0	11.3	7.0	7.1	3.116*	5.106*
事故密度 (件/km)	25.0	22.0	2.8	3.6	1.4	1.6	10.100*	4.740*	13.6	10.5	2.0	2.6	0.6	0.8	10.374*	8.034*
事故率 (件/億台キロ)	509	257	178	83	76	35	12.681*	16.139*	305	201	88	44	25	17	10.333*	19.937*

\* 有意水準 95% で有意



図一10 事故危険度評価手法—緊急措置法と事故率品質管理法—の比較 (北海道の国道網)

ない。

(iii) 3つの区間群で兩年とも有意な差が認められる区間特性は信号交差点密度, 非信号交差点密度, 区間速度, 自転車交通量, 自動二輪車交通量である。

(iv) 事故密度と事故率はいずれの場合にも有意な差が認められるが, 事故数に有意な差が認められない場合がある。特に事故率に高度に有意な差が認められることは, 危険度評価の尺度としての事故率の有用性を示唆しているものといえる。

(5) 従来の方法との比較評価

本法によって抽出された危険区間が従来の方法により抽出される区間との関係を調べ, それによって本法を比較評価してみることにする。従来の方法とは次の2つの方法である<sup>5)</sup>。

(a) 「緊急措置法施行規則」に定められた基準(表一1)に基づく方法

(b) 全体の平均値を基準とする方法(事故率順位曲線法)

図一10 (a), (b) はそれぞれ昭和46年と昭和49年について, 交通量に対する死傷者事故率と緊急措置法の基準との関係を示したものである。図中の・印は事故率品質管理法によって抽出された危険区間を表わしている。また表一7は3つの方法によって抽出された危険区間の相互関係を交通量の階層別に示したものである。

これらの結果から以下のようなことが明らかになる。まず昭和46年についてみると次のことがわかる。

(i) 本法による危険区間の抽出率は 101/446=22.6%であるが, 緊急措置法では 174/446=39.0%となる。これは本法が危険区間を鋭敏に抽出していることを意味する。

(ii) この結果, 図一10 (a) からも明らかなように緊急措置法の基準を越える部分に多くの普通区間が含まれてしまうことになる。

表-7 3つの方法による危険区間数の比較

区 間 交通量	昭 和 46 年					昭 和 49 年				
	区 間 数	A (危険)	B (危険)	C (危険)	C (安全)	区 間 数	A (危険)	B (危険)	C (危険)	C (安全)
0~ 500	21	0	5	0	6	10	0	4	0	2
500~ 1000	37	2	6	3	6	35	0	4	1	8
1000~ 3000	136	17	30	7	52	126	5	38	8	32
3000~ 5000	83	30	28	9	27	83	2	24	5	22
5000~ 7500	49	26	22	14	12	69	14	31	16	16
7500~10000	32	23	18	12	8	36	9	15	9	8
10000~15000	35	25	18	15	12	42	20	26	20	9
15000~20000	24	23	21	18	1	26	16	17	11	2
20000 以上	29	28	26	23	2	34	28	29	19	1
合 計	446	174	174	101	126	461	94	188	89	100
抽 出 率 (%)	—	39.0	39.0	22.6	28.3	—	20.4	40.8	19.3	21.7

注) A: 緊急措置法の基準 B: 事故率順位曲線法 C: 事故率品質管理法

(iii) 逆に、本法によって抽出された区間は緊急措置法によって抽出された区間の集団にすべて含まれる。

(iv) 緊急措置法では交通量 500 台以下の区間についての基準はないが、本法では評価し得る。

(v) 事故率順位曲線法によって抽出される区間数は緊急措置法の場合と同数であるが、低交通量域での抽出が多くなっている。これは事故発生の偶然変動を考慮していないことの結果を明瞭に示している。

次に、昭和 49 年についてみると次のことがわかる。

(i) 本法によって抽出される危険区間の抽出率は  $89/461=19.3\%$  で、緊急措置法による  $94/461=20.4\%$  とほぼ等しくなっている。

(ii) しかし、交通量の階層別にみると 図-10 (b) から明らかなように、7500 台以下では緊急措置法の基準を下回る部分で本法による危険区間がかなり存在している。

(iii) これに対して緊急措置法による危険区間の抽出は交通量 5000 台以上の範囲にほぼ限定されている。

(iv) 事故率順位曲線法では 40% を越える多数の区間が抽出され、低交通量域での抽出が多くなっている。

以上のことから、本法と緊急措置法との相違および事故率順位曲線法の欠点をよく表わしている。すなわち、昭和 49 年の平均事故率は昭和 46 年に比べて 1/2 以下になっており、安全性がそれだけ向上したことになるが、緊急措置法の基準はこのような変化に十分対応し得ないことである。昭和 46 年の結果で明らかなように、事故率が高い場合には危険区間の抽出が鋭敏でなくなり、逆に事故率が低くなると昭和 49 年の結果で示されるように、低交通量域での危険度評価が困難になって基準の変更が必要となる。事実、昭和 51 年に従来の基準を 2 ランク下げて用いるように改正された。参考までにこの基準を昭和 49 年のデータにあてはめてみると、図-10 (b) からわかるように再び昭和 46 年で示されたと同様の傾向が生じてくる。

また、平均値を限界基準とする事故率順位曲線法は常に多くの区間を抽出する傾向にあり、特に低交通量域でその傾向が強く、偶然変動が考慮されていないことの欠陥を如実に表わしている。

#### (6) 事故率品質管理法の有効性の検討

以上、事故率品質管理法を北海道の国道網への適用を通してその実証的解析を試みたが、それらの結果をふまえて本法の有効性を検討してみる。

まず、図-9 に示した解析結果をみると、走行台キロの小さい区間に対しては変動の許容限界を広くするように設定されている。このことは、事故発生の偶然変動によるみせかけ上の高い危険度に起因する判断の誤りを防止し得る科学的合理性をもつ方法であることを意味している。また、表-5 の結果から、抽出された危険区間の平均事故率は他の区間群に比べて非常に高くなっていることがわかる。このことから抽出された区間の事故多発傾向が明らかとなる。さらに、各区間グループ間の区間特性について平均値の差の検定による要因分析を行った結果、危険区間と他の区間とは互いに異なる母集団からのサンプルであることが示され、本法による危険度評価の有効性が示唆された。従来の危険度評価方法との比較評価では、本法の危険区間抽出の鋭敏性とシステムの危険度の変化に対する適応性が示され、また、いかなる交通量範囲における区間の危険度評価が可能であることが実証された。

以上の結果から事故率品質管理法の有効性をまとめると次のようになる。すなわち、

- ① 事故発生の偶然変動を考慮した方法であること、
- ② 限界基準を科学的に設定し得る方法であること、
- ③ システムの危険度の変化に対応した限界基準の設定が可能なる方法であること、
- ④ 危険区間を鋭敏に抽出できる方法であること、などである。

### 5. 事故危険度判別に関する統計的解析

#### (1) 解析の目的

4. で示した事故率品質管理法は過去の事故経験に基づいて道路の危険度を評価しようとする方法であり、将来の危険度を予測するものではない。そこで、ここでは道路の危険度の予測的評価、判別に関する統計的解析を行うことにより、道路の区間特性を用いて危険区間など問題区間を抽出する方法を検討しようとするものである。一般に、このような判別は判別分析で行われるが、ここでは事故率品質管理法によってグループ化された危険、普通、安全の各区間群を外的基準とし、任意の区間がいずれかの群に分類される過程において、区間の特性がどのように寄与しているかを概略把握するため、先ず数量化理論モデルで分析し、区間特性を説明要因とした場合の危険度判別の可能性および判別に対する要因の影響度を調べる。さらに、その結果に基づいて判別関数モデルによる危険度判別式を開発し、この判別式の時系列データに対する適合性の検証を行うものである。

#### (2) 数量化理論第II類による分析

道路の危険度、すなわち事故の起こりやすさは区間特性によって説明されるものと仮定して危険度の数量化を行い、それによって各区間の危険度を判別しようとするものである。危険度の数量化には、判別のためのモデルである林の数量化理論第II類を用いる。この方法において、サンプル*i*の合成変量として知られている<sup>15)</sup>

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{k_j} \delta_i(jk) x_{jk} \dots \dots \dots (6)$$

ここに、

*R* : アイテム数

*k<sub>j</sub>* : カテゴリー数

$$\delta_i(jk) : \begin{cases} 1 & (\text{カテゴリー } k \text{ に反応したとき}) \\ 0 & (k \text{ 以外のカテゴリーに反応したとき}) \end{cases}$$

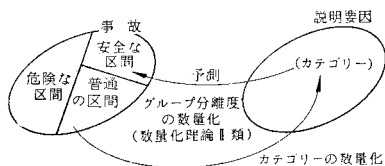


図-11 数量化理論第II類による分析の基本概念

を用い、この合成変量  $\alpha_i$  を危険度を測定する尺度とする。そして危険、普通、安全区間という判別群の区分を縦軸にとり、 $\alpha$  を横軸にとったときの相関比  $\eta$  (もしくは  $\eta^2$ ) が最大となるよう、すなわち  $\alpha$  値が異なった群の個体をもっともよく判別するよう要因のカテゴリーの数量化を行うものである。この分析の基本的概念を示すと 図-11 のようになる<sup>16)</sup>。

表-8 数量化理論第II類による分析結果

説明要因	カテゴリー	昭和46年			昭和49年		
		サンプル数	カテゴリー数量	レンジ	サンプル数	カテゴリー数量	レンジ
道路幅員 (m)	0 ~ 5.5	82	0.0018	0.4411 (4)	49	-0.1507	1.1373 (3)
	5.5 ~ 7.5	222	0.1309		294	-0.0408	
	7.5 ~ 9.0	44	0.0137		34	-0.4688	
	9.0 ~ 13.0	62	-0.3102		63	0.3381	
	13.0 ~	36	-0.2943		21	0.6685	
信号交差点密度 (個/km)	0	193	0.2103	1.4490 (1)	184	0.3513	1.4459 (1)
	0 ~ 0.5	152	0.3391		139	0.2833	
	0.5 ~ 1.0	36	-0.5552		34	0.2888	
	1.0 ~	65	-1.1099		104	-1.0946	
非信号交差点密度 (個/km)	0	44	0.1330	0.3434 (9)	64	0.1211	0.1434 (9)
	0 ~ 0.25	205	0.0857		180	0.0375	
	0.25 ~ 0.50	71	-0.1654		83	-0.0277	
	0.50 ~ 1.00	53	-0.2104		56	-0.1059	
	1.00 ~	73	-0.0071		78	-0.0804	
区間速度 (km/hr)	0~30	46	-0.3751	0.5315 (3)	61	-0.6912	1.0108 (4)
	30~40	88	-0.2243		98	-0.3865	
	40~50	134	0.0682		137	0.1993	
	50~	178	0.1564		165	0.3196	
歩行者交通量 (人/12h)	0~100	157	0.0281	0.4394 (5)	177	-0.1083	0.2814 (7)
	100~200	60	0.0448		61	0.1509	
	200~400	59	-0.3117		56	-0.0243	
	400~700	35	0.1277		44	0.1731	
	700~	135	0.0505		123	0.0301	
自転車交通量 (台/12h)	0~100	208	0.0625	0.3730 (7)	228	0.0922	0.4893 (6)
	100~200	70	-0.0578		84	0.0278	
	200~400	66	0.0981		79	-0.1509	
	400~700	50	-0.0248		41	0.0020	
	700~	52	-0.2739		29	-0.3971	
自動二輪車交通量 (台/12h)	0~100	188	0.1242	0.7109 (2)	270	0.0991	1.3175 (2)
	100~200	103	0.1386		93	-0.0459	
	200~400	73	0.0690		71	0.0110	
	400~700	52	-0.4904		23	-0.7999	
	700~	30	-0.5723		4	-1.2184	
貨物車混入率 (%)	0~45	49	-0.0983	0.2209 (10)	117	-0.0087	0.1038 (10)
	45~55	137	0.1026		209	0.0437	
	55~	260	-0.0355		135	-0.0601	
自動車交通量 (千台/12h)	0~3	194	0.0492	0.3669 (8)	171	0.0767	0.2731 (8)
	3~5	83	0.0292		83	0.0016	
	5~10	81	-0.1409		105	0.0569	
	10~20	59	-0.1206		68	-0.1964	
	20~	29	0.2260		34	-0.1727	
混雑度 (百台/m)	0~5	212	-0.0710	0.3985 (6)	178	-0.1789	0.7780 (5)
	5~10	129	-0.0881		147	0.1036	
	10~15	63	0.2653		85	-0.1523	
	15~20	28	0.1917		22	0.5991	
	20~	14	0.3104		29	0.5655	
相 関 比	$\eta=0.798 (\eta^2=0.637)$			$\eta=0.739 (\eta^2=0.547)$			

( ) 内の数字はレンジの大きさの順位

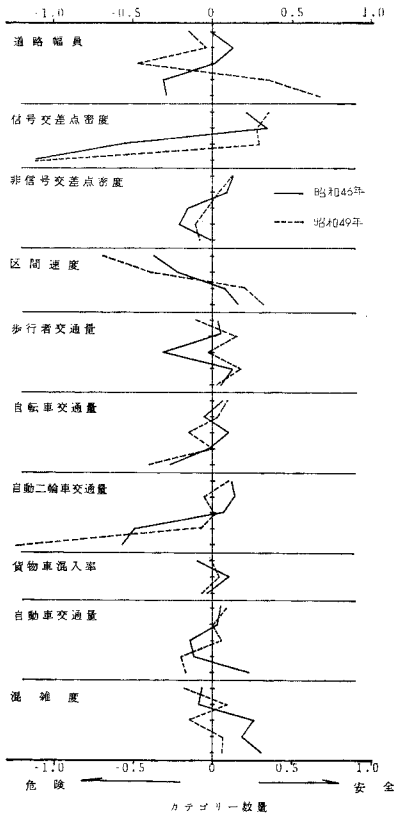


図-12 カテゴリー数量の変化傾向図（数量化理論第Ⅱ類）

各調査年の数量化理論第Ⅱ類による分析の結果を表-8に、カテゴリー数量の傾向図を図-12に示す。判別の精度を示す相関比は昭和46年データに対して $\eta=0.798(\eta^2=0.637)$ 、昭和49年データに対して $\eta=0.739(\eta^2=0.547)$ となり、かなり高い精度で判別が可能となる。また、各群に属する区間の危険度 $\alpha$ 値の相対度数分布図（判別図）を昭和46年について示すと図-13のようになり、min-max原理に基づく判別の中率と判別境界値を求めると表-9のようになる。これらの結果から、区間特性を説明要因として危険区間と普通区間あるいは安全区間を判別することは十分に可能であるといえる。しかし、普通区間と安全区間の判別は必ずしも十分ではないようである。

次に、これらの判別に寄与する要因を調べるため、相対的なレンジの大きさを比較すると図-14のようになる。この図と図-12から、要因の影響度について次のことがわかる。

(i) 要因の寄与の大きさの順位は信号交差点密度がもっとも大きく、ついで自動二輪車交通量、区間速度、道路幅員、混雑度の順になっており、これら5つの要因の寄与率は70%以上である。

(ii) 自動車交通量の寄与率は非常に小さい。これは

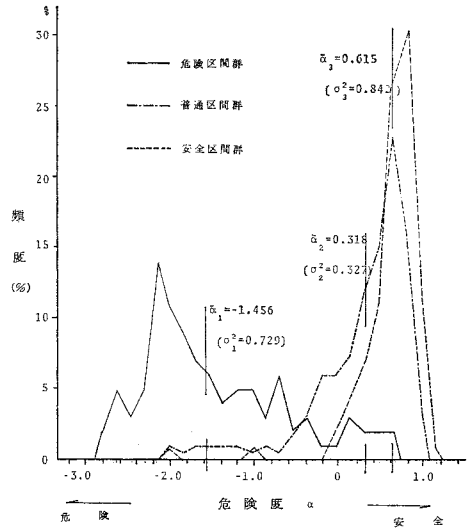


図-13 数量化理論第Ⅱ類による危険度 $\alpha$ 値の相対度数分布（判別図—昭和46年）

表-9 数量化理論第Ⅱ類による判別達成度（10要因）

判別群	昭和46年		昭和49年	
	判別の中率	判別境界値	判別の中率	判別境界値
危険区間～普通区間	88%	-0.33	84%	-0.48
危険区間～安全区間	92	0.12	92	-0.10
普通区間～安全区間	64	0.52	60	0.50

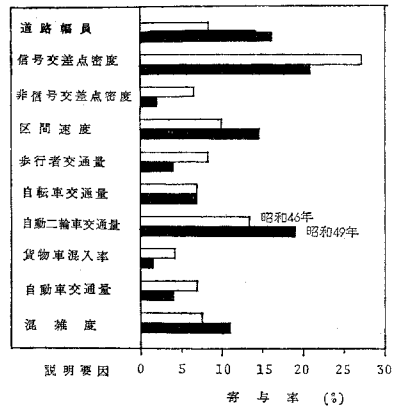


図-14 相対的なレンジの大きさの比較（数量化理論第Ⅱ類）

自動車交通量が道路幅員当りの交通量を示す混雑度を通して危険度判別に寄与していることを意味する。

(iii) カテゴリー数量の変化をみると、信号交差点密度と自動二輪車交通量は値が増加するほど危険度が高くなる傾向を示している。

(iv) 区間速度は逆に、値が増加するほど危険度が低下する傾向を示している。

(v) 道路幅員は調査年によって逆の傾向を示している。

(vi) 混雑度は値が増加するほど危険度が低下する傾向がうかがえる。しかし、混雑度は既に用いた自動車交通量および道路幅員と相関が高く、しかもこれらの組み合わせからなる変数であることを考慮すると、この傾向を混雑度自体の影響する方向とただちに判断するのは危険である。

そこで、自動車交通量、道路幅員および混雑度の各要因が単独で判別に寄与する割合を調べるため、これらの要因を他の要因に別個に加えた場合について数量化理論第Ⅱ類による分析を行った。その結果、混雑度のみを加えた場合にもっとも高い相関比を与え、上記3要因を同時に加えた場合とほとんど差がみられなかった。このことから、自動車交通量および道路幅員の判別に対する寄与は混雑度で代表し得ると判断される。この場合の混雑度は値が増加するほど危険度が増加する傾向を示している。

以上の結果から結論的にいえば、区間特性による危険区間の判別は高い確率をもって可能であり、その判別に対しては信号交差点密度、自動二輪車交通量、区間速度、混雑度の4つの要因が重要な役割を果たしていると考えられる。

(3) 判別関数による分析

以上の数量化理論第Ⅱ類による分析結果をふまえ、ここでは判別分析によってより少ない要因を説明変数とした簡便かつ実用的な危険度の予測式の開発を試みる。

危険度の数量化には、定量的要因による判別のためのモデルである判別関数を用いる。この方法においては、サンプル*i*の合成変数として説明変数の線形一次結合によってつくられる次式

$$z_i = l_1 x_{1i} + l_2 x_{2i} + \dots + l_m x_{mi} \dots \dots \dots (7)$$

ここに、

表—10 判別分析の結果

説明要因	昭和46年		昭和49年	
	係数ベクトル	構造ベクトル	係数ベクトル	構造ベクトル
信号交差点密度 (個/km)	0.152	0.784	0.172	0.812
区間速度 (km/h)	-0.641	-0.942	-0.734	-0.978
自動二輪車交通量 (台/12h)	0.162	0.817	0.110	0.790
混雑度 (台/m)	0.212	0.680	0.088	0.621
相 関 比	$\eta = 0.761 (\eta^2 = 0.579)$		$\eta = 0.733 (\eta^2 = 0.537)$	

判別関数

昭和46年:  $z = 0.152 x_1 - 0.641 x_2 + 0.162 x_3 + 0.212 x_4$

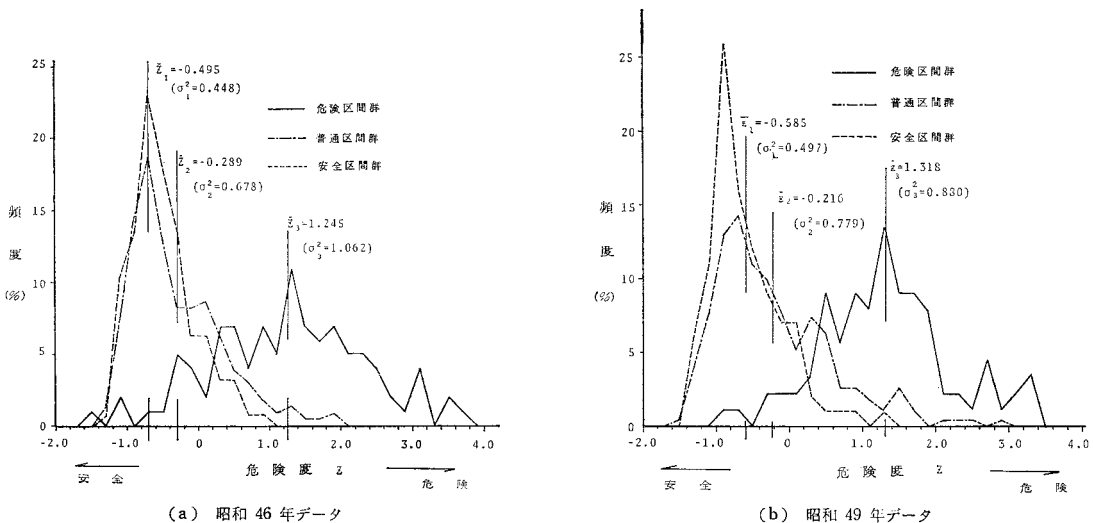
昭和49年:  $z = 0.172 x_1 - 0.734 x_2 + 0.110 x_3 + 0.088 x_4$

$x_{ij}$ : 説明変数の基準化した値

を用い、この合成変数  $z_i$  を危険度を測定する尺度とする。そして、この合成変数  $z$  が異なる母集団に属する個体をもっともよく判別するように係数ベクトル  $l$  を定めるものであり、こうして定められた関数を判別関数 (discriminant function) という<sup>17)</sup>。

数量化理論第Ⅱ類による分析で抽出された4つの要因を用いて得られた判別関数の係数を各調査年について示すと表—10 のようになる。この結果から、判別の精度を示す相関比は昭和46年データで  $\eta = 0.761 (\eta^2 = 0.579)$ 、昭和49年データで  $\eta = 0.733 (\eta^2 = 0.537)$  となり、10変数を用いた数量化分析の場合とほとんど差のない高い相関比を与えている。それぞれの群に属する区間の危険度  $z$  値を算出し、得られた  $z$  値の相対度数分布図 (判別図) を示すと図—15 のようになる。なお、この場合の合成変数値はマイナス側が安全を、プラス側が危険を表わしているの、数量化理論第Ⅱ類の場合 (図—12) とは合成値が逆転している。

また、累積度図を用いて min-max 原理に基づく判別の中率と判別境界値を求めると表—11 のようになる。これによると、危険区間と普通区間あるいは安全区間の



図—15 判別関数による危険度  $z$  値の相対度数分布 (判別図)

表-11 判別関数による判別達成度（4要因）

判別群	昭和46年		昭和49年	
	判別の中率	判別境界値	判別の中率	判別境界値
危険区間～普通区間	82%	0.20	83%	0.40
危険区間～安全区間	86	-0.05	92	0.02
普通区間～安全区間	53	-0.65	60	-0.68

判別の中率は、調査年によっても異なるが82～92%の間にある。このことから、区間特性を代表する4つの定量的な要因から合成された危険度は、十分に高い確率をもって危険区間を判別することができる。

(4) 時系列データに対する適合性の検証

以上の分析によって開発された判別関数モデルは高い確率をもって危険区間の判別を可能とすることが示されたが、これらの係数ベクトルは必ずしも一致していない。また、これらの予測式の時系列的データに対する適合性が問題となる。そこで、それぞれの調査年について開発された予測式に互いに他の調査年のデータを代入して危険度を予測し、実際に評価された区間群との関係を調べることによってその適合性を検討することにする。

まず、昭和46年データから開発された判別式に昭和49年データを代入し、得られた合成変量値と昭和49年の危険、普通、安全の各区間群との関係を示すと図-16のようになる。次に、同様にして昭和49年データから開発された判別式に昭和46年データを代入し、得られた合成変量値と昭和46年の各区間群との関係を示すと図-17のようになる。これによると、いずれの場合においても危険区間群をかなり明瞭に予測判別していることがわかる。

これを確かめるために、累積度図からmin-max原理に基づいて予測値の判別の中率と判別境界値を求めると表-12のようになる。この表と表-11を比較検討してみると次のことがわかる。

(i) 判別達成度は、予測した場合と実際の場合とほぼ同じ値を与え、高い確率をもって予測的判別が可能となる。

(ii) 昭和46年データに基づく判別式から昭和49年を予測した結果は、昭和46年データに与えたよりも高い判別達成率を示している。

(iii) 逆に、昭和49年データに基づく判別式から昭和46年を予測した結果は、昭和49年データに与えたよりも低い判別達成率を示している。

(iv) 昭和46年データに基づく判別式が昭和49年データに与えた判別の中率、すなわち危険区間と普通区間の判別に対する83%、危険区間と安全区間の判別に対する91%は、两年の間における事故率の全体的な低下を考慮すると、非常に高い中率であるといえる。

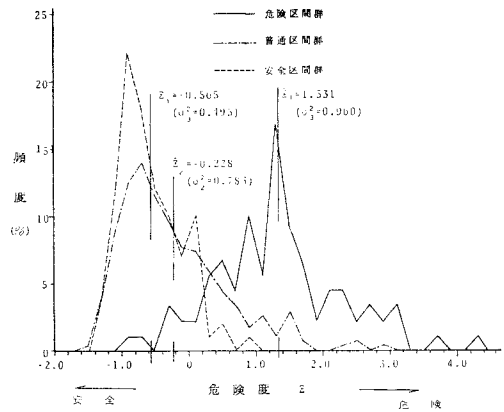


図-16 昭和46年判別式による昭和49年の危険度予測(判別図)

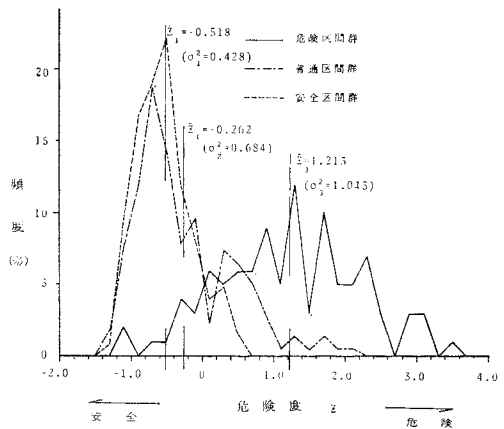


図-17 昭和49年判別式による昭和46年の危険度予測(判別図)

表-12 判別関数による予測結果の判別達成度

判別群	ケースI：昭和49年の予測		ケースII：昭和46年の予測	
	判別の中率	判別境界値	判別の中率	判別境界値
危険区間～普通区間	83%	0.38	79%	0.24
危険区間～安全区間	91	0.00	88	-0.10
普通区間～安全区間	58	-0.68	54	-0.64

(v) 危険区間の判別境界値は普通区間との場合は0.40、安全区間との場合は0.0付近に設定されると考えられる。

以上のことをまとめると、昭和46年データに基づいて開発された判別関数モデル、すなわち、

$$z = 0.152x_1 - 0.641x_2 + 0.162x_3 + 0.212x_4 \dots \dots \dots (8)$$

ここに、

- $x_1$  : 信号交差点密度 (個/km)
- $x_2$  : 区間速度 (km/h)
- $x_3$  : 自動二輪車交通量 (台/12h)
- $x_4$  : 混雑度 = 自動車交通量/道路幅員 (台/m)

は、容易に観測し得る少ない要因を用いて高い確率をもって危険区間を予測的に判別することができ、また時系列的データに対しても十分な適合性をもつことから、簡便かつ実用的な危険区間判別の一手法となるといえる。

## 6. 結 論

本研究では、北海道の国道網を対象として、事故率品質管理法、多変量解析手法である数量化理論第Ⅱ類、判別分析法などの統計的方法を利用した事故危険度解析を行い、従来の危険度評価法を一步進めたより合理的な手法を開発するための基礎的な研究を行ったものである。

この解析で得られた結果は、ここで用いられたデータの範囲内でいえる事項であるが、それらを簡単にまとめると以下ようになる。

(1) 統計的品質管理の概念から導かれた事故率品質管理法は科学的合理性をもつ事故危険度評価方法であることが示された。従来の評価法との比較評価により明らかにされた本法の特徴をまとめると、

- ① 事故発生 の 偶然変動 が 考慮された方法であること、
  - ② 危険区間の選定に対して科学的な判断基準を与える方法であること、
  - ③ 道路網の平均事故率の変化に対応した判断基準を設定し得る方法であること、
  - ④ 低交通量域での危険度を評価し得る方法であること、
  - ⑤ これらのことから、従来の評価法に比べて危険区間の選定がより鋭敏になし得る方法であること、
- などである。

(2) 本法を北海道の国道網に適用した結果、抽出された危険区間数は昭和46年で101(抽出率22.6%、総延長の7.2%)、昭和49年で89(抽出率19.3%、総延長の6.5%)となり、それらの区間上で発生した事故はそれぞれ全体の49.2%、40.7%である。また、危険区間の平均事故率は道路網全体のそれぞれ2.2倍、2.5倍である。これらのことから選定された危険区間の事故多発傾向が明らかになる。

(3) 事故率品質管理法により区分された危険、普通、安全の3区間群を外的基準とした数量化理論第Ⅱ類による分析の結果、区間特性を説明変数として危険度の数量化が可能であり、この危険度を用いて危険区間を予測的に判別し得ることが示された。

(4) 数理化分析に用いた10要因の判別に対する影響度の検討から、判別に大きく寄与する要因として信号交差点密度、区間速度、自動二輪車交通量、混雑度の4要因が選択された。

(5) 上記4つの要因を説明変数として開発された判別関数モデルは、高い精度をもって危険区間を判別し得ること、および時系列的データへの適合性を有することが示された。この結果に基づいて、式(8)のモデルが道路区間の事故危険度判別の一手法として提案される。

以上、本論文で行われた事故危険度の解析を通して、事故危険度評価の数理的手法の開発に関して統計的次元からアプローチすることの可能性をある程度示し得たと考えられ、ここで提示された事故危険度評価手法としての事故率品質管理法および、事故危険度判別手法としての判別関数モデルは、より合理的な危険度評価方法を確立していくうえで役に立つものと思われる。今後は、全国的なデータを用いた実証的解析等を行うことにより、これらの手法をより普遍性をもつ手法へと発展させることが重要な課題である。

一方、現実の事故発生現象は多くの要因が組み合わさった複雑なメカニズムをもつと考えられる。したがって、道路の危険度を道路交通要因のみで簡単にモデル化することには限界があることも事実である。これらの要因に車両要因、運転者要因、気象条件等の環境要因を加えたより精密なモデルを開発する努力も必要であると考えられる。これらの課題については今後引き続いて研究を進めていく予定である。

最後に、本研究の解析データを提供された北海道警察本部と北海道開発局ならびに解析に協力された室蘭工業大学土木工学科 石井憲一助手と同大学院生 武田準一郎氏に心から感謝の意を表します。また、本論文の査読過程で適切な御指適、御助言を与えられた査読者の方々にも心からお礼申し上げます。

なお、本研究のデータ処理と解析には、室蘭工業大学情報教育センター FACOM 230-28 ならびに北海道大学大型計算機センター FACOM 230-75 を用いたことを付記する。

## 参 考 文 献

- 1) 斎藤和夫：交通安全問題解決の方法論と研究の課題に関する体系的考察，交通工学，Vol. 13，No. 1，pp. 11～22，1978.1.
- 2) 日本交通科学協議会：交通安全施設の投資効果に関する研究，1969.
- 3) 板倉忠三・加来照俊・斎藤和夫：交通事故に対する危険度評価について，交通工学，Vol. 3，No. 2，pp. 4～13，1968.3.
- 4) 斎藤和夫：道路ネットワークにおける危険区間確認システムについて，第28回土木学会年次学術講演会概要集Ⅳ，pp. 167～168，1973.10.
- 5) 斎藤和夫：道路網における交通安全対策対象区間(事故多発区間)選定方法について，第31回土木学会年次学術講演会概要集Ⅳ，pp. 293～294，1976.10.
- 6) 斎藤和夫・石井憲一・武田準一郎：道路における事故危険度の評価と予測方法について，第32回土木学会年次学術講演会概要集Ⅳ，pp. 286～287，1977.10.

- 7) 三谷 浩：道路における危険度評価に関する一手法について，交通工学，Vol. 12, No. 5, pp. 21~36, 1977.9.
- 8) Norden, M.L., Orlansky, J. and Jacobs, H.H. : Application of Statistical Quality-Control Techniques to Analysis of Highway Accident Data, HRB Bull. 117, pp. 17~31, 1956.
- 9) Rudy, B.M. : Operational Route Analysis, HRB Bull. 341, pp. 1~7, 1962.
- 10) Morin, D.A. : Application of Statistical Concepts to Accident Data, Public Roads, Vol. 34, No. 7, pp. 135~137, 150, April 1967.
- 11) ITE : Transportation and Traffic Engineering Handbook, pp. 377~403, 1976.
- 12) Morin, D.A. : Application of Statistical Concepts to Accident Data, HRR No. 188, pp. 72~79, 1971.
- 13) Saito, K. : Towards a Statistical Approach of Identifying Hazardous Highway Locations, The Memo. of the Muroran Institute of Tech., Vol. 9, No. 1, pp. 155~167, Dec. 1976.
- 14) 米谷栄二・定井喜明：交通工学のための推計学，国民科学社，pp. 35~57, 1966.
- 15) 安田三郎・海野道郎：社会統計学，丸善，pp. 102~129, 1977.
- 16) 阪神高速道路公団：交通事故に関する研究委託業務報告書，1977.
- 17) 五十嵐日出夫・斎藤和夫ほか：土木計画数理，朝倉書店，pp. 120~149, 1976.

(1977.12.19・受付)

---