

道路交通要因が交通事故発生に及ぼす影響について

—— 多変量解析による一考察 ——

正 員 齋 藤 和 夫*

§1. はじめに

交通安全のための科学は、事故を特殊な現象としてではなく、医学の場合における病気の如く、一般的普遍的現象としてとらえ、その原因を、事故をとりまく多くの要因との関連において追究する所から出発する。

交通事故はその発生を個々にとってみると、まったく偶然的 (accidental) な要因にもとづいて発生する。すなわち事故それぞれが固有の原因をその背景に持っており、それら無数の要因を制御することは不可能である。しかし多くの交通事故を通してみると、共通にもつ要因を見いだすことは可能であり、これらの要因と交通事故発生との関連性を明らかにし、それにもとづいて交通事故の発生を予測することが出来るという仮説をたてることは決して非現実的なことではない。このような仮説—理論—を正しくたてることが出来れば、人為的に左右出来る要因をどのように操作すると、交通事故をどの程度まで減少し得るかを比較的高い確率をもって知ることが出来るだろう。

本研究は、上述の考えにもとづいて、交通事故発生に関係する多くの要因のうち、その影響の大きいと思われる道路交通要因との関連性を統計的分析法を通して見いださんとするものであり、将来さらに有用な統計分析への道を開く実験的な試みである。

§2. 交通事故に対する統計分析の 目的と研究の現状

昨年 4 月 14 日～16 日にわたって英国の道路研究所 (RRL) で開かれた OECD 主催の「交通事故の解析における統計的手法の利用に関するシンポジウム (Symposium on the Use of Statistical Method in the Analysis of Road Accidents)」で議長を務めた H. Taylor 氏 (RRL 安全部長) の言葉¹⁾によると、交通事故を統計的に分析することの目的は、第 1 に事故そのものを予防するためにいかなる手段が有効であるかを発見し、第 2 に事故による損害を軽減するためにいかなる手段をとるべきかを知る、ことである。このためになすべきことは、第 1 は交通事故の諸環境要因を定義し、第 2 に環境要因改善のための諸方法の重要

性を評価し、第 3 に統計資料を集めることになる。

交通事故の統計的分析そのものの研究がクローズアップされるに至ったのは欧米諸国においても比較的最近のことに属する。その点で OECD のシンポジウムはこの分野における本格的な研究の出發を意味するといえる。わが国についてみると、統計分析における研究例はほとんどなく、昭和 42 年に発表された「交通環境要因から見た事故の統計分析²⁾ (植松俊夫・森尚雄)」が先駆的役割を果し、次いで昨年 OECD シンポジウムで発表された「日本の国道における交通事故の実証的分析³⁾ (小金芳弘)」程度であろう。

§3. 多変量解析の概要⁴⁾

近年、行動科学の分野で非常に発達をとげた統計分析の手法として多変量解析 (Multivariate statistical analysis method) がある。すなわち独立、または種々相関の度合いの異なる 2 つ以上の変量による多次元分布法則にもとづき、統計的推論を行なう方法である。多変量解析でよく知られている方法に因子分析 (factor analysis) と相関分析 (multiple correlation analysis) および回帰分析 (multiple regression analysis) がある。

因子分析は数種類の観測変量間の内部従属性 (interdependence) を詳しく解明する目的で開発された。この分析の最終的な目標は、変量の張る多次元領域をより少ない基本的な次元で意義づけし得る因子を追求することにある。

相関分析は、変量間の関連性について解明しようとするもので、各変量をまったく平等に内部従属の変量として、これらの変量間の線型性または関数関係性の深さを評価するものである。相関の度合を示すものに、任意の 2 変量間の線型性には単相関係数 (simple correlation coefficient)、ある 1 変量に及ぼす他の全変量の線型効果の度合に重相関係数 (multiple correlation coefficient) がある。

回帰分析は、上述の相関性にもとづき、ある 1 変量の値を他の全変量から推測するために偏回帰平面をとりあげ、与えられたデータから変量間の相関関係を具体的に解明するものであり、そのために偏回帰係数 (partial regression coefficient; b-weights) がある。

* 室蘭工業大学土木工学科 助教授 工修

表-1 基準変量と予測変量 (要因)

	基準変量	記号		予測変量 (要因)	記号
事故件数	事故率 (件/km)	A ₁	道路要因	道路延長 (m)	F ₁
	事故率 (件/億台年)	A ₂		信号交差点 (個/km)	F ₂
	事故率 $\left(\frac{N}{L} \cdot \frac{W}{D}\right)$ 注)	A ₃		非信号交差点 (個/km)	F ₃
	危険性を示す指標 $h_i^{(6)}$	A ₄		鉄道交差点 (個/km)	F ₄
	事故件数 (件)	A ₅		橋梁数 (個/km)	F ₅
				平均幅員 (m)	F ₆
傷者	事故率 (人/km)	A ₆	交通要因	平均交通量 (台/12 hr)	F ₇
	事故率 (人/億台年)	A ₇		交通量伸び率 (S. 43/S. 40)	F ₈
死者	事故率 (人/km)	A ₈		平均走行速度 (km/hr)	F ₉
	事故率 (人/億台年)	A ₉		大型車混入率 (%)	F ₁₀
				2輪車混入率 (%)	F ₁₁

注) N: 発生事故件数, W: 平均幅員, L: 路線延長,
D: 平均交通量 (12時間)

表-2 相関係数マトリックス

変量	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
F ₁	1.0000	0.0169	-0.1485	-0.2672	-0.0430	-0.0733	-0.0799
F ₂	0.0169	1.0000	0.7440	0.1658	0.2333	0.7987	0.9065
F ₃	0.1485	0.7440	1.0000	-0.0518	0.0711	0.7866	0.9001
F ₄	-0.2672	0.1658	-0.0518	1.0000	0.0957	0.0778	0.1074
F ₅	-0.0430	0.2333	0.0711	0.0957	1.0000	-0.0597	0.1012
F ₆	-0.0733	0.7987	0.7866	0.0778	-0.0597	1.0000	0.9128
F ₇	-0.0799	0.9065	0.9001	0.1074	0.1012	0.9128	1.0000
F ₈	-0.1719	-0.0310	0.0225	0.1693	-0.0844	0.0453	-0.0084
F ₉	0.1967	-0.3002	-0.2845	0.0445	-0.2947	-0.0465	-0.2568
F ₁₀	0.0230	-0.1142	-0.2320	0.3868	-0.1838	-0.0800	-0.1518
F ₁₁	0.0912	-0.3655	-0.4382	-0.1777	0.3456	-0.5277	-0.4719
A ₁	-0.0316	0.9123	0.8980	0.0711	0.1266	0.8859	0.9868

変量	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	A ₁	mean	S. D.*
F ₁	-0.1719	0.1967	0.0230	0.0912	-0.0316	158.9500	71.8470
F ₂	-0.0310	-0.3002	-0.1142	-0.3655	0.9123	0.0807	0.1163
F ₃	0.0225	-0.2845	-0.2320	-0.4382	0.8980	0.9698	0.8471
F ₄	0.1693	0.0445	0.3868	-0.1777	0.0711	0.0614	0.0297
F ₅	-0.0844	-0.2947	-0.1838	0.3456	0.1266	0.4368	0.1353
F ₆	0.0453	-0.0465	-0.0800	-0.5277	0.8859	6.4458	1.0430
F ₇	-0.0084	-0.2568	-0.1518	-0.4719	0.9868	2849.9000	2561.0000
F ₈	1.0000	-0.0741	-0.2406	0.2521	-0.0768	1.6427	0.4052
F ₉	-0.0741	1.0000	0.3916	-0.3352	-0.2331	48.3300	2.9772
F ₁₀	-0.2406	0.3916	1.0000	-0.1465	-0.1650	27.7670	4.5428
F ₁₁	0.2521	-0.3352	-0.1465	1.0000	-0.4594	8.8689	4.5989
A ₁	-0.0768	-0.2331	-0.1650	-0.4594	1.0000	2.5631	3.1610

* Standard Deviation

§ 4. 解析手順⁵⁾と使用データ

本研究は交通事故の発生頻度と道路交通要因との間の関連性を具体的に評価するために事故関数モデルを決定する

目的から、採用した統計的手法は相関分析と回帰分析である。以下解析手順の概要を示す。

交通事故の発生頻度を A (各種の表示方法がある) とし、この発生に影響する要因を F_i 、それに対する係数を r_i と

表—3 構造ベクトル (St. vector), 重みベクトル (β -weights) と重相関係数

No.		F_2	F_3	F_6	F_7	F_9	F_{10}	F_{11}	重相関係数
1	St. vector	0.9209	0.9065	0.8943	0.9961	-0.2352	-0.1665	-0.4637	0.9906
	β -weights	0.1485	0.0987	-0.1140	0.9061	0.0841	-0.0275	0.0253	
	%	10.575	7.029	8.118	64.528	5.989	1.958	1.803	
2	St. vector	0.9212	0.9067	0.8945	0.9964	-0.2353		-0.4693	0.9903
	β -weights	0.1455	0.1098	-0.1096	0.8984	0.0748		0.0286	
	%	10.646	8.034	8.019	65.735	5.473		2.093	
3	St. vector	0.9226	0.9081	0.8959	0.9979			-0.4646	0.9888
	β -weights	0.1319	0.0918	-0.0525	0.8401			-0.0074	
	%	11.738	8.169	4.672	74.762			0.659	
4	St. vector	0.9226	0.9081	0.8958	0.9980				0.9888
	β -weights	0.1303	0.0924	-0.0483	0.8407				
	%	11.721	8.312	4.345	75.622				
5	St. vector	0.9232		0.8965	0.9986				0.9881
	β -weights	0.0892		-0.0724	0.9838				
	%	7.788		6.321	85.891				
6	St. vector		0.9092	0.8970	0.9991				0.9876
	β -weights		0.0367	-0.0827	1.0410				
	%		3.163	7.127	89.710				
7	St. vector	0.9228	0.9083		0.9981				0.9886
	β -weights	0.1438	0.1065		0.7719				
	%	14.068	10.419		75.513				
8	St. vector	0.9340	0.9193	0.9069					0.9768
	β -weights	0.4498	0.4034	0.2303					
	%	41.513	37.231	21.256					
9	St. vector	0.9236			0.9990				0.9877
	β -weights	0.1009			0.9075				
	%	10.006			89.994				
10	St. vector		0.9097		0.9997				0.9870
	β -weights		0.0521		0.9528				
	%		5.185		94.815				
11	St. vector				1.0000				0.9868
	β -weights				1.0000				
	%				100.0				

表-4 事故関数モデルにおける係数 r と定数 U

モデル No.	F_2	F_3	F_6	F_7	F_9	F_{10}	F_{11}	U
1	4.0349	3.6828×10^{-1}	-3.4549×10^{-1}	1.1184×10^{-3}	8.9283×10^{-2}	-1.9129×10^{-2}	1.7418×10^{-2}	3.01937
2	3.9533	4.0974×10^{-1}	-3.3216×10^{-1}	1.1089×10^{-3}	7.9461×10^{-2}		1.9672×10^{-2}	-3.18914
3	3.5838	3.4238×10^{-1}	-1.5902×10^{-1}	1.0369×10^{-3}			-5.0899×10^{-2}	5.74600×10^{-2}
4	3.5403	3.4488×10^{-1}	-1.4641×10^{-1}	1.0377×10^{-3}				-7.04840×10^{-2}
5	2.4239		-2.1927×10^{-1}	1.2143×10^{-3}				3.20252×10^{-1}
6		1.3699×10^{-1}	-2.5063×10^{-1}	1.2849×10^{-3}				3.83865×10^{-1}
7	3.9015	3.9742×10^{-1}		0.9528×10^{-3}				-8.52729×10^{-1}
8	12.2214	1.5004	6.9796×10^{-1}					-4.38129
9	2.7415			1.1201×10^{-3}				-8.50305×10^{-1}
10		1.9423×10^{-1}		1.1760×10^{-3}				-9.76913×10^{-1}
11				1.2343×10^{-3}				-9.54584×10^{-1}

表-5 関数モデルによる予測値/観測値

路線名	事故関数モデル No.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5号	0.913*	0.891**	0.859**	0.858**	0.874**	0.857**	0.856**	0.815**	0.873**	0.853**	0.863**
12 "	1.028*	1.032*	1.048*	1.048*	1.062*	1.029*	1.049*	1.042*	1.068*	1.028*	1.042*
36 "	0.976*	0.981*	0.970*	0.971*	0.957*	0.975*	0.967*	0.965*	0.947*	0.969*	0.958*
37 "	1.020*	1.020*	0.995*	0.997*	0.982*	1.070*	1.006*	0.950*	0.995*	1.103**	1.080*
38 "	1.489	1.507	1.409	1.406	1.420	1.460	1.405	1.291	1.422	1.469	1.468
39 "	0.817**	0.791	0.788	0.786	0.834**	0.834**	0.787	0.625	0.846**	0.843**	0.868**
40 "	0.857**	0.840**	0.724	0.724	0.715	0.701	0.745	0.856**	0.748	0.736	0.739
44 "	0.975*	1.016*	1.290	1.258	1.476	1.528	1.126**	(-0.033)	1.316	1.334	1.408
227 "	1.354	1.315	1.460	1.517	1.618	1.643	1.552	1.277	1.700	1.732	1.786
228 "	0.913*	0.919*	0.998*	1.022*	0.998*	1.111**	0.860**	0.348	0.730	0.828**	0.758
229 "	0.072	0.060	0.080	1.416	1.616	0.913*	0.075	(-0.011)	0.060	(-0.043)	(-0.032)
230 "	0.982*	0.963*	1.021*	1.019*	0.979*	1.007*	1.036*	1.172**	0.996*	1.036*	1.013*
231 "	1.229	1.158**	1.162**	1.162**	1.118**	1.091*	1.160**	1.339	1.104**	1.075*	1.057*
232 "	0.463	0.554	0.456	0.433	0.362	0.298	0.441	0.853**	0.359	0.286	0.265
233 "	0.834**	0.879**	0.798	0.799	0.842**	0.873**	0.810**	0.654	0.871**	0.909*	0.927*
234 "	1.075*	1.088*	1.196**	1.190**	1.093*	1.182**	1.225	1.523	1.127**	1.247	1.186**
235 "	1.134**	1.149**	1.235	1.222	1.284	1.325	1.209	0.906*	1.280	1.322	1.343
236 "	1.166**	1.123*	1.218	1.214	1.125**	1.092*	1.246	1.705	1.155**	1.127**	1.094*
237 "	0.948*	0.989*	1.047*	1.044*	0.914*	0.973*	1.053*	1.447	0.897**	0.976*	0.898**
238 "	0.583	0.719	0.966*	0.977*	0.931*	0.763	1.154**	2.114	1.207	1.048*	1.096*
239 "	0.380	0.902*	0.313	0.345	0.129	(-1.095)	0.345	3.044	0.082	(-1.372)	(-1.231)
240 "	2.526	2.701	2.421	2.424	2.569	2.609	2.455	2.042*	2.656	2.701	2.774
241 "	(-0.073)	0.007	0.579	0.553	0.506	0.464	0.690	1.364	0.717*	0.697	0.711
242 "	1.477	1.426	1.478	1.459	1.468	1.125**	1.410	1.799	1.392	0.971*	1.035*
243 "	1.416	1.458	0.839**	0.836**	0.890**	0.842**	0.801**	0.665	0.847**	0.775	0.805**
244 "	1.082*	0.800**	0.498	0.448	0.539	0.496	0.373	(-0.001)	0.441	0.364	0.404

* 誤差 $\pm 10\%$ 以内 ** 誤差 $\pm 10 \sim \pm 20\%$

して、 A と F_i の間に線型の関係を仮定すると、事故関数は次の如く定義される。

$$A = r_1 F_1 + r_2 F_2 + \cdots + r_i F_i + U \quad (1)$$

r_i = 偏回帰係数 ($i=1, 2, \cdots, n$)

U = 定数

A を基準変量、 F_i を予測変量 (以下要因を数量的にあらわされたある属性を示すものとして変量という) とし、さらに変量の測定値の一次結合としてつくられる新しい変量を合成変量とすると、この事故関数を決定する手順は次の通りである。

1. 選定した変量間の相関係数—相関係数行列 (correlation coefficient matrix) の計算
2. 基準変量と合成変量との相関係数を最大とする重みベクトル (weight vector: β -weights), と合成変量を構成する変量と合成変量との相関係数を成分とする構造ベクトル (structure vector) の計算
3. 基準変量と合成変量との一致の度合を示す重相関係数の計算
4. 事故関数に含まれる予測変量の偏回帰係数 (b -weights) と、定数 U の決定

解析対象は、北海道の国道 26 路線である。基準変量としての事故データは、昭和 43 年に上記各路線で発生した交通事故である。予測変量 (要因) データは、昭和 43 年に行なわれた全国交通情勢調査にもとづく。解析はデータ蒐集の関係上からクロスセクション分析のみを行なった。

§5. 解析結果

本研究に使用した基準変量と予測変量を表-1に示す。基準変量のそれぞれについて予測変量との関連性を解析することが可能であるが、以下においては、基準変量を道路の単位長さ当りの事故発生件数を示す事故率 A_1 についての結果に限定して述べる。

5-1 単相関係数

基準変量 A_1 と予測変量 11 種の相関係数マトリックスを表-2に示す。これによって変量間の相関係数すべてが示される (表は相関係数 1.0 に対して対称である)。

発生頻度 A_1 に対する各要因の相関係数が極めて高いものとして、信号交差点数 (0.9123), 非信号交差点数 (0.8980), 平均幅員 (0.8859), 平均交通量 (0.8968) があげられ、また 2 輪車混入率は負のかなり高い相関係数 (-0.4594) を示した。ここで注目されるのは、平均走行速度との相関係数が低いことである。過去の多くの研究によると、走行速度は交通事故の発生に密接な関係をもつことが明らかにされている。その関係のほとんどは曲線的なものであり、直線性を仮定した相関係数ではその関係は明らかにされないものと思われる。

5-2 構造ベクトル、重みベクトルと重相関係数

多くの要因を同時に考慮した場合の関連性は単相関係数では判断されない。基準変量 A_1 と予測変量に関する相関係数マトリックスを利用し、合成変量に対する各変量の相関係数 (構造ベクトル), 基準変量に対する予測変量の重みベクトルを各種の変量の組合せに対して計算した結果と、これらの予測変量の組合せによって出来た合成変量が基準変量を説明する度合を示す重相関係数を表-3に示す。予測変量 11 種すべてについて計算した結果、重相関係数 $R=0.9937$ を示した構造ベクトルを見ると、変量 F_1 (道路延長), F_4 (鉄道交差点数), F_5 (橋梁数), F_8 (交通量伸び率) に対する値が非常に小さいために、その有無は影響が小さいと考えて表-3は予測変量を 8 種以下で組合せた。表中 % は重みベクトルの百分率を示す。

対象となる要因すべてにより交通事故発生を説明出来ると仮定した場合、各要因の影響する度合が重みベクトル、またはその百分率によって判断される。

5-3 係数 r と定数 U

交通事故発生と道路交通要因との関係を示すために事故関数モデルを決定した。基準変量 A_1 に対し各予測変量を結合した場合の係数 r と定数 U は表-3の β -weights, 各予測変量の平均値, 標準偏差 (S.D.) と観測データから求められる。その結果を表-4に示す。予測変量の組合せは表-3に従った。関数モデルはこれらの数値を (1) 式に代入することによって決定される。

5-4 関数モデルによる交通事故発生の予測

決定された関数モデルに、本研究で使用した各要因の観測値を代入して交通事故発生の予測値を得た。これらの予測値と実際の観測値の比を各関数モデル別に表-5に示す。表中 * 印は予測値の誤差が $\pm 10\%$ 以内, ** 印は $\pm 10\sim 20\%$ の範囲のものを示す。

§6. 考 察

本研究を通して得られた結果について、若干の考察を行なう。

1. 多変量解析法により、交通事故発生に影響する道路交通要因の関連性のある程度解明することが出来た。
2. 影響する度合の高い要因は、道路要因として信号交差点数, 非信号交差点数, 交通要因として平均幅員, 平均交通量, 平均走行速度などがあげられるが、そのなかで交通量の占める役割が非常に大きい。
3. 決定された事故関数モデルはかなり良好な予測値を与えたが、本研究は十分に信頼性のある事故関数モデルを決定することを主眼にしたものではなく、このような解析方法が有用であるかどうかを試みた一種の実験であるが、結果からして相当に信頼性のあるものを導きだすことが可能であると判断した。

次にこの解析方法の問題点と、今後の研究について述べる。

1. 回帰分析そのものに対する問題がある。すなわち、道路交通要因が各個に独立であるとは考えられないこと、一次回帰式では十分に説明されない部分があることである。
2. 十分に信頼性のある結果を得るためには膨大なデータを処理しなければならない。
3. 現状においては十分に信頼のおけるデータが得にくい。道路交通環境要因に関するデータの整備が望まれる。
4. 今後は本研究のような路線毎のデータを使用したマクロ的な分析に加えて、区間毎のデータによるミクロ分析を行なう必要がある。
5. 交通事故の発生は、道路交通要因のみならず運転者、車両に関する要因からも追究されなければならない。

む す び

わが国においても今後この種の研究が必要になるだろうし、また大いに促進されなければならない。

本研究はデータ数も少ないが、その考え方などが今後の研究に少しでも役に立てば幸いである。

最後に本研究を行なうにあたって有益な資料・論文を提

供下さいました総理府陸上交通安全調査室小金芳弘氏（現在経済企画庁経済研究所）に心から感謝の意を表します。

計算是室蘭工業大学助手寺島拓郎氏，同大電子計算機室牧栄一氏の労によるところ大である。

なお，この研究は昭和44年度北海道科学研究費補助金を受けたものの一部であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 小金芳弘：「交通事故の統計的分析について—OECDシンポジウム出席報告—」，昭和44年4月。
- 2) 植松俊夫・森 尚雄：「交通環境要因から見た事故の統計分析」，科学警察研究所報告（交通編），Vol. 8, No. 1（1967年3月）。
- 3) 小金芳弘：「An Empirical Study of Motor Vehicle Accidents on National Routes of Japan」（OECDシンポジウム，No. 32 bis），1969年4月。
- 4) 例えば，北川敏夫編：「多変量解析論」（情報科学講座），共立出版，昭和41年。
- 5) 例えば，芝 祐順：「行動科学における相関分析法」，東大出版会，1967年。
- 6) 板倉・加来・斎藤：「交通事故解析の1方法とその応用」，土木学会北海道支部研究発表論文集，第24号，昭和43年2月。