



土木研究所資料
第757号

O E C D 道路研究計画

「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」論文集

交通安全研究室

昭和47年3月

建設省土木研究所

まえがき

本書は、1969年4月に英国の道路研究所 (Road Research Laboratory) で開催された経済協力開発機構 (OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development) 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」に提出された35論文および討論の概略をとりまとめた報告書を翻訳したものである。

なお、これらの論文のうち22論文については、昭和45年度の業務委託で全訳を行っており、また、N.O.Jørgensen の論文「交通事故予測モデル」については、金安公造氏 (交通環境研究室長) が抄訳されたものである。

昭和47年3月

建設省土木研究所交通安全研究室

目 次

第 1 課 題 - Regression Methods (回帰手法)

Variances of regression estimates of expected accident frequencies (期待事故度数の回帰推定の分散について)	
R. E. Allsop	3
On the use of regression models in the study of road accidents (交通事故研究における回帰モデルの利用について)	
Jan Gustavsson	7
Multiple regression applied to the growth of road accidents (回帰分析による事故発生の増大に関する研究)	
C. Morlat, A. Ropars	10
Accidents involving casualties : simple correlation and regression planes (人身事故 : 単純相関と回帰平面)	
J.S.-G. Fernandez Giro	14
An empirical study of motor vehicle accidents on national routes in Japan (日本の国道における交通事故についての実験的研究)	
Y. Kogane	15

第 2 課 題 - Joint Frequency Analysis (同時度数分析)

Use of chi-squared distribution for comparing accident frequencies (事故発生率比較に対するカイ二乗分布の適用)	
F. Garwood, R.F. Newby	21
The analysis of motor insurance statistics (自動車保険統計の解析)	
P. D. Johnson	27
Some analysis of car insurance claim rates by make and size (車種および規格による自動車保険損害請求率のいくつかの解析)	
H. C. Hall, F. Garwood, B. Mossakowski	31
Motor Insurance rate making (自動車保険料率算定)	
G. J. M. Shaw	35

第 3 課 題 - Probability Models (確率モデル)

Models for description of the time-space distribution of traffic accidents with application to the analysis of Danish and Swedish experimental data on the effect of speed limits (速度規制に関するオランダおよびスウェーデン の経験的データの解析の応用による交通事故の時間-空間発生分布モデル)	
G. Rasch	43

A model for forecasting traffic accidents (交通事故予測モデル)	
N. O. Jørgensen	4 7
Distribution of fatal accidents : probability models (死亡事故の分布 : 確率モデル)	
J.S.-G. Fernancez - Giro	5 1
The statistical estimation of accident proneness (事故の傾向についての統計的推定)	
D. Srour	5 3

第 4 課題 - Multivariate Analysis (多変数解析)

A methodology of multidimensional analysis (多次元解析の一方法論)	
M. J. Koornstra	6 3
Multivariate analysis of categorical data with application to road safety research (交通安全研究への応用における分類別データの多変数解析)	
M. J. Koornstra	6 4
Factorial analysis of data on road accidents involving personal injury (道路交通事故(人身事故)の要因分析)	
M. B. Biecheler, B. Marchal	6 5
The application of conventional and multivariate methods in the evaluation of accidents on motorways and rural roads (高速道路および地方部道路における 事故の評価への在来手法および多変数法の応用)	
H. Knoflacher	6 8
A statistical analysis of rural Ontario traffic accidents using induced exposure data (オンタリオ地方部における交通事故の統計的解析)	
B. R. Carr	6 9

第 5 課題 - International Comparisons (国際比較)

International comparisons of road accident statistics (道路交通事故統計の国際比較)	
J. P. Bull	7 5
The effects of changes in motorisation in various countries on the number of road fatalities (各国におけるモータリゼーションのちがいが交通事故死亡者数に及ぼす影響)	
R. J. Smeed, G. O. JEFFCOATE	7 9
Second report of the Committee of Deputies on recent trends in road accidents E.C.M.T. (最近の交通事故の情勢に関する ECMT (ヨーロッパ運輸大臣会議) の第 2 回報告)	
A. H. Watson	8 5
International comparison of road accident rates (道路交通事故率の国際比較)	
L. A. Foldvary	8 9

第 6 課 題 - Data Gathering (資料収集)

Interview investigation of road accident rates (道路交通事故のインタビュー調査) P.-O. ROOSMARK, R. FRAKI	95
Obtaining data from drivers about their accident records (運転者からの事故記録の収集) D. Sheppard	98
Methodological lessons drawn a vehicle - mile survey (台一マイル調査からの方法論的考察) L. A. Foldvary	102
Evaluation of the records of German motor insurers for the purpose of identification of the causes of accidents and on the two-phase method applied for this evaluation (事故原因を究明するためのドイツの自動車保険に関する記録の評価と その評価に応用された二相法 (Two-phase method) について) E. Jacobi	106

第 7 課 題 - Classification (分類)

On the classification of accidents by type (交通事故の類型による分類について) L.-B. Kritz	113
Proposed classification of national road accident statistics by severity of injury (被害の軽重度による国の交通事故統計分類についての提案) R. F. Newby	116
Three difficulties in the comparison of accident rates (事故比率の比較を困難にしている 3 つの問題点) K. Pfundt	122

第 8 課 題 - Statistical Results (統計結果)

The use of accident statistics in highway design with particular reference to rural junctions (地方部交差点の道路設計を行なう場合の事故統計の利用方法) G. T. BENNETT	133
Studies of effects produced by road environment and traffic characteristics on traffic accidents (道路環境および交通特性が交通事故におよぼす影響について) P.-O. Roosmark and R. Fräki	137
Traffic accidents and offences : an observational study of the Ontario driver population (交通事故および交通違反 : オンタリオの運転者についての考察) E. H. Brezina	141
On the effects of drivers' age and driving experinece on traffic accidents (運転者の年齢および運転経験が交通事故におよぼす影響について) R. Ernst	142

The growth of road accidents in France (フランスにおける交通事故の推移)

D. Srour 143

第 1 課 題

回帰手法(REGRESSION METHODS)

議長：P. ARMITAGE教授

期待事故度数の回帰推定の分散について

VARIANCES OF REGRESSION ESTIMATES OF EXPECTED ACCIDENT FREQUENCIES

by Richard E. Allsop : University College, London

序 論

英国道路研究所 (RRL) における 70 マイル/時の速度制限の効果に関する研究の一部として、一般道路における事故率と天候および交通条件との間の関連づけを行なうため、英国内の全ての一般道路を、非市街地の主要道路、非市街地の下級道路、市街地の主要道路、市街地の下級道路 (市街地の道路については従前から 30 および 40 マイル/時に速度制御されていた。) の 4 種類に分け、それぞれについて、1 週間ごとのデータを基礎資料として、事故率と要因との間の重回帰分析を行なった。この分析に用いた回帰変数は次のとおりである。

$$C = \frac{\text{事故に関連した二輪車台数}}{\text{全事故車両台数}}$$

$$D = \frac{\text{夜間の推定走行台マイル数}}{\text{全走行台マイル数}}$$

$$I = \frac{\text{凍結した道路上の事故件数}}{\text{全事故件数}}$$

$$W = \frac{\text{濡れた道路上の事故件数}}{\text{全事故件数}}$$

$$V = \text{推定走行台マイル数}$$

$$T = \text{1963年1月1日以降の期間の長さ。単位10年}$$

(他の変数によって説明できないような傾向もすべて考慮するために)

$$C^2, D^2, I^2, W^2, CD, CI, CW, DI, DW, IW$$

4 種の道路についての事故率と各回帰変数との間の線型回帰は、最初にすべての回帰変数を用いた回帰を計算し、次に有意水準を 10 % から 0.1 % まで順次高めて t 検定および F 検定を行ない、明らかに有意でない回帰変数は消去した。

このような手続を用いて、4 種類の道路について、それぞれ夏期の 26 週間、冬期の 26 週間および 1 年全体の 3 つの回帰相関をつくった。このうち適用された回帰相関は、非市街地道路は 1 年全体のもの、市街地道路は夏期、冬期に分けたものである。各相関とも有意水準が 5 % のときの回

婦が用いられた。

70マイル/時の速度制限の効果に関する研究においては、4種の道路について、速度制限が実施されなかったとした場合の1965年12月以降の期間に予測されるであろう事故率および事故件数を有意水準5%のときの回帰を用いて推定し、これらと速度制限が実施された場合に実際に起きた事故件数とを比較した。この結果、以前に速度制限のなされていなかった非市街地の幹線道路および一級道路では実際の事故件数が推定値より約5%下回った。この5%の差のうちの1.5%程度まではこの種の道路のいくつかにおいて、ある期間50マイル/時の速度制限が課されたことによるものであろう。残りの3.5%の差についての統計的な有意性を評価するために、事故件数の分散と回帰推定値との分散について検討する必要があるが、ここでは後者の分散についてのべる。

将来における交通事故の期待度数

いま道路および交通の条件の変化のみが回帰変数に影響するものであるとして、将来の p 週間(26週間又は52週間)に、ある種別の道路において予測される事故件数について考えてみる。

r を7日週間ごとの事故率とすると

$$r = \bar{r} + \sum_{j=1}^q b_j (x_j - \bar{x}_j) \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに $\bar{r}$:その回帰方程式が成立する7日間ごとにその種別の道路で観測された事故率の平均値

x_j : q 個のそれぞれ対応する回帰変数

$\bar{x}_j$:回帰の基礎となる周期における x_j の平均値

期待事故度数が必要な p 週間のうちの i 番目の週において、

r_i :期待事故率

m_i :その種別の当該道路における期待走行台マイル数

x_{ij} : i 番目の週における回帰変数 x_j の値

とすると、

$$r_i = \bar{r} + \sum_{j=1}^q b_j (x_{ij} - \bar{x}_j) \text{となる。}$$

したがって、 p 週間における事故の期待度数 a は、

$$a = \sum_{i=1}^p m_i r_i = \sum_{i=1}^p m_i \left\{ \bar{r} + \sum_{j=1}^q b_j (x_{ij} - \bar{x}_j) \right\} \quad \dots\dots\dots(2)$$

となる。なお $x_{ij} - \bar{x}_j$ は観測値である。

期待事故度数の分散

(2)式によって与えられる事故度数の推定値 a の分散は、重回帰分析理論から直接には導かれない。なぜならば、回帰推定値 r_i は、それ自身が誤差を含んでいる台マイル数 m_i と乗じられているからである。

いま、 N を回帰方程式のもとになっている7日ごとのサンプル数とし、 S^2 を N 週期における事故率の $\bar{r}$ からの偏差の平方和、 R を重相関係数、 A を N 周期における $(x_j - \bar{x}_j)$ の値の二乗と積との和の $q \times q$ 行列とすると、重回帰分析によって $var(b_j)$ および $cov(b_j, b_l)$ はそれぞれ次式の (j, j) 成分および (j, l) 成分である。

$$\underline{B} = \frac{S^2(1-R^2)}{N-q-1} \underline{A}^{-1} \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $\underline{m}$ ：第 i 成分が m_i である p 次ベクトル

$\underline{b}$ ：第 j 成分が b_j である q 次ベクトル

$\underline{v}$ ：第 i 成分が $var(m_i)$ である p 次ベクトル

$\underline{D}$ ：第 i 対角元素が $var(m_i)$ である $p \times p$ 対角行列

X ： (i, j) 元素が $(x_{ij} - \bar{x}_j)$ である $p \times q$ 行列

$\underline{d}$ ：第 i 成分が、 $XB X'$ の先行対角行列の第 i 成分である p 次ベクトル

として、期待事故度数の分散 $var(a)$ を計算に都合のよいように行列の形で表わすと、次のような式となる。

$$var(a) = var(\bar{r}) \left(\sum_{i=1}^p m_i \right)^2 + [\bar{r}^2 + var(\bar{r})] \sum_{i=1}^p var(m_i) + \underline{m}' \underline{X} \underline{B} \underline{X}' \underline{m} \\ + \underline{b}' \underline{X}' \underline{D} \underline{X} \underline{b} + \underline{v}' \underline{d} + 2 \bar{r} \underline{v}' \underline{X} \underline{b} \dots\dots\dots(4)$$

走行台マイル数の分散についての妥当な推定値

いまある種別の道路に n 地点を配置し、そのおのおのの地点が M マイルを表わすと仮定する。もしある7日周期に j 番目の地点を通過する自動車の交通量を q_j とすると、推定走行台マイルは数は

$$m = M \sum_{j=1}^n q_j \dots\dots\dots(5)$$

いま、多くの7日周期について同じ n 地点で観測が行なわれたとし、 j 番目地点の i 番目期間における交通量を q_{ij} とすれば、次のようなモデルが提案される。

$$q_{ij} = q_0 p_i S_j \epsilon_{ij} \dots\dots\dots(6)$$

ここに P_i ：各期間の間の走行台マイル数の分散

S_j ： n 地点における交通量の比(q_0 に対する)

$\log q_0$ ：すべての期間におけるこれら n 地点での交通量の対数の平均

ϵ_{ij} ： q_{ij} の分散

ここで i 番目の週についての走行台マイル数の推定値 m_i は

$$m_i = q_0 P_i M \sum_{j=1}^n S_j \epsilon_{ij} \dots\dots\dots(7)$$

なおこの m_i は(2)式で事故率の乗数として用いられている。

推定走行台マイル数の分散は次の式で表わされる。

$$\text{var}(m_i) = q_o^2 p_i^2 M \sum_{j=1}^n S_j^2 \text{var}(\epsilon_{ij}) \dots\dots\dots (8)$$

ここで $\log \epsilon_{ij}$ は平均値ゼロ及び分散 σ^2 をもって正規分布をしているとして

$$\text{var}(\epsilon_{ij}) = \exp(\sigma^2) - 1 \dots\dots\dots (9)$$

(8)式の P を(6)式から推定して次式を得る

$$P_i = \frac{1}{q_o} \left(\sum_{j=1}^n q_{ij} \right)^{1/n} \dots\dots\dots (10)$$

(8)(9)(10)から次式を得、これはいずれも入手可能な資料で表わされる。

$$\text{var}(m_i) = M^2 \exp(\sigma^2) [\exp(\sigma^2) - 1] \left(\sum_{j=1}^n q_{ij} \right)^{1/n} \sum_{j=1}^n S_j^2$$

参 考 文 献

1. MINISTRY OF TRANSPORT, Road Research Laboratory, Report on the 70 m.p.h. speed limit trial. Ministry of Transport RRL Special Report N°6. London 1967.
2. TANNER J.C. and J.R. SCOTT. 50 point traffic census - the first five years. Department of Scientific and Industrial Research, Road Research Technical Paper N°63. London, 1962.

交通事故研究における回帰モデルの利用について

ON THE USE OF REGRESSION MODELS IN THE STUDY OF ROAD ACCIDENTS

by J. Gustavsson : University of Stockholm

この論文は、事故度数が回帰モデルを使ってどのように研究、解析されるかを述べたものである。ある期間のある道路網における期待事故件数は、事故頻度決定に有意であると思われる尺度に線形的に依存すると考えられる。ここで主として述べることは、これらの方法や回帰平面、例えば異なる期間に対応する回帰平面間の比較についてである。

最初に、ある日に発生した事故件数は正規に分布しており、その平均値はいくつかの回帰変数の線形関数とし、分散は一定であると仮定する。また、研究の対象期間の全ての日についても同様であると考ええる。さらに異なる日の事故件数は統計的に独立であると仮定する。そうすると、個々の回帰平面についても、さらにいくつかの平面の線形結合についても、信頼領域をつくることができる。こうして、2つの回帰平面の差異についての領域を作ることができる。

この分析法を、1962年5月14日から9月14日において、スウェーデンで行なわれた暫定的なスピード制限を行なった際に集められたデータを例に用いて示している。ある1日の期待事故件数(人身事故を対象としている)は、その日の推定走行台キロの線形関数と仮定する。事故データは地方部の全道路網でのものである。この調査の期間は、90km/h, 100km/hの制限をしている期間と制限のない期間である。また、月曜日から金曜日までのウィークデーが一つのグループで、土曜日と日曜日が別のグループとして扱っている。3種類の速度別に、全体で9つのグループに分けてそれぞれ回帰線を求めた。

例として、スピード制限なしおよび90km/h制限の場合の月曜日から金曜日の週日のグループについて、走行台キロの関数である事故件数の回帰線の信頼領域を図で示している。またこれらの回帰線の相違についての信頼領域も図で表わしている。信頼水準95%における2つの回帰線は、問題にしている交通量(走行台キロ)の範囲で、それぞれ分離していることがわかる。

さらに、ここで考えている正規モデルの仮定について、そのデータとの一致性をどのように検定するかということをおわせて述べている。正規性の仮定(これは勿論近似であるが)の有効性を、一つは標準化残差のヒストグラム、もう一つは標準化正規度数曲線の図によって説明している(図は省略)。ここで標準化残差とは残差を共通の標準偏差の推定値で割った値である。独立した仮定の適応性を理解するために、偏差の相関図を使っている。モデルを仮定しない場合の事故件数の相関に比較すると、グループ毎に回帰モデルを考えた場合には、1日ごとの誤差の相関は減少しており、1週ごとの分散はほとんどゼロになっている。

第2段階として、別のモデルを考えている。ある1日の期待事故件数は、前述のモデルと同様に

いくつかの回帰変数の線型関数と仮定する。分布はポアソン分布とするが、異なった日の1日当りの事故件数はやはり独立である。ポアソン分布の分散は平均値と等しいので、分散はこの場合は一定ではない。

ポアソンモデルを前述のデータに適合させ、ポアソンの仮定が回帰係数にどういった影響があるかを示している。これらのモデルを比較するためにポアソンによる標準化残差のヒストグラムを図示しており、残差を個別に標準化している。又これらの残差の相関も図に示している（図は省略）。これらの例から判断すると、正規モデルとポアソンモデルのデータに対する適合性は、ほぼ同程度であると考えられる。

討 論

Cox は Allsop に対して、従属変数および回帰変数の選び方についてのコメントを求め

た。すなわち、Allsop の回帰変数のいくつかは、変数で説明すべき事故件数に依存している。従って、解釈が非常に困難になってくる。又、Cox は著者に対して、全対数の関連を調べてみたかどうかをたずねた。これを行えば、特に低い交通密度の段階で負の事故件数を示すということを避けることができる。

Allsop は解釈が困難であることで Cox に同意した。又全対数の関係はとって見た。

Papoport は、事故件数と走行台キロの間に、線形関係があるかどうかをたずねた。彼はまた、道路上での自動車の密度も関係があることを指摘した。

Gustavsson は、彼のデータに関しては、線形関係があてはまると答えた。

Rasch は、著者たちが彼らの回帰モデルで、回帰係数は経年的に不変であると仮定していることを指摘し、これはチェックされたものかどうかたずねた。彼が調べたスウェーデンのデータによると回帰係数は経年的に変化するようであった。第2点は、回帰分析において独立変数は与えられたものと仮定している。しかし、これらが実際に適当な変数であっても、結果は偏りが生じ、その偏りもやる度に変る可能性がある。

Allsop は、回帰係数の不変性については、よく調べる必要があることに同意した。データを長期間調べることににより、係数が経年的に変化するかどうかを調べることは可能であるが、実際に彼自身のデータを使ってはまだ行っていない。

Guisti は Allsop に彼の事故データは正規分布していたかをたずねた。Fisher検定をするさいに、Allsop はそのように仮定していた。

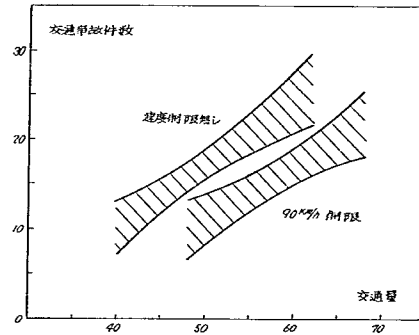


図-1 交通事故件数（人身事故）を走行台km数の関数とし、正規回帰モデルを仮定した場合における回帰線についての信頼水準95%のときの信頼領域。スピード制限なしおよび90km/h制限の2つの場合について示す。なお、その期間はそれぞれ週日の月曜～金曜の51日間、23日間である。

Allsop は、彼のデータについての正規性は検定していないと答えた。

Gustavsson は、彼のデータについていくつかのテストを行ない、彼のレポートの図-3のヒストグラムで説明した。

Koornstra は、Allsop のレポートの2ページにある回帰式の変数の消去方法についてのべた。この方法は一般に広く認められたものではない。

Allsop は、回帰式の変数をへらす方法は多くあるが、彼が使った特殊なコンピューターに利用可能な手法を取った。

Gustavsson は、Allsop に彼の回帰モデルが本当に必要かどうか、また普通の回帰式が適当でないのかどうかを聞いた。

Allsop は、走行マイルの推定値のどんな偏りも結果に影響しなくても、分散すなわち事故件数の推定値の有意性は走行台マイルの推定値の分散に依存すると答えた。

Srouf は Allsop が走行マイルの平方に比例して増加すると仮定しているとのべた。これはある事故形態（例えば車対車）については正しいかもしれないが、全事故件数についても正しいかどうかは疑わしいと述べた。

回帰分析による事故発生の増大に関する研究

MULTIPLE REGRESSION APPLIED TO THE GROWTH OF ROAD ACCIDENTS

by G. Morlat and A. Ropars : Université de Paris

序 言

ここで紹介するのは、人命を守るための費用に関する調査研究の一部である。専門家の決定をよく吟味し、手段の配分を合理的に行なうとすれば、人命を救うための合理的な費用（平均値又は限界値）を求めることができる。

交通事故は極めて特殊な事情にある。つまり、道路局の技術者はその投資計画において、人命の値段に関する先験的概念をつかっている。ここでは、我々の手法をテストするために、道路の技術者が選んだ先験的な値段を無視して、人命の帰納的な値を求めるために交通安全に関する投資についての彼らの決定を検討した。交通事故に関する資料は大量にありかつ十分に正確なものであった。

デ ー タ

データは、コルシカとセイヌ県を除くフランスの各県のものである。

1959年から1964年までの次のような犠牲者について調査した。

全死傷者数

都市部における犠牲者数

地方部における犠牲者数

歩行者の犠牲者数

二輪車による犠牲者数

自動車利用者の犠牲者数

ここで用いた説明変数は次のようなものである。（1959年から1964年までの増加については最初の3つをつかった。）

自転車台数

自動二輪車台数

自動車台数

安全対策投資額

最初の段階では、自動車台数の伸びを、登録自動車台数、ガソリン消費量、主要道路における調査から得られる走行量等の基礎的な要素の解析から計算される一つの交通指標に置き換えようとした。しかし良い結果が得られなかったのでこの方法はやめた。更に新規の免許証取得者数からも調

べようとしたが、登録自動車台数との関連で、困難であるのでこれをあきらめた。

帰納的に若干興味があると思われるその他の変数の中から、上述した第二グループを使って、各種の犠牲者についての要因分析において出てくる第一の要素を説明しようとした。

この第一段階の解析はただ概要を示すためのものである。これによってグループ間の関連づけを行ない、また原因についての今後の研究を示唆することになろう。

主成分分析

個別のサンプルのための主成分分析は、二次慣性軸である新しい軸と関連づける。この軸のコサインは二次慣性軸の鉛直ベクトルである。このベクトルのマトリックスは、段差の変化と無関係ではないので、相関と共分散マトリックスを用いて解くのと同様な結果とはならない。

これらの主成分分析は、共分散マトリックスと後述するような基準化された変数の相関について行なった。

それぞれの解析において、各県の値を3つの要素についての3組の平面を図によって示した。

(1) 共分散マトリックス

最初の2つの主成分は、全分散のそれぞれ84.4 %および13.8 %を示している。第1の主成分は自動車、二輪車、自転車の増加によるものである。第2の主成分は、自動車台数の増加と自転車二輪車の増加の間の異なる傾向を示している。

(2) 相関のマトリックス

第1の主成分は分散の69.2 %を示している。第2の主成分は二輪車利用者の犠牲者数の増加と安全対策の増加の対照関係を示している。第3の主成分としては、歩行者の犠牲者数と地方部における犠牲者数の増加と自転車及び二輪車の台数の伸びの相反する傾向である。

(3) 基準化された変数の相関マトリックス

基準化した変数から求められる相関マトリックスにおいて、説明変数と目的変数との間に負の相関があるようである。第2と第3の主成分の平面を回転させると2つの因子が判ってくる。第1は、都市部における犠牲者の増加とは正の相関があり、地方部における犠牲者の増加とは負の相関がある。第2は、四輪車の死傷者数と安全対策の増加は正の相関があり、二輪車台数とは負の相関にある。

(4) 回帰分析についての考察

回帰分析は、主要道路が通る県、その他の県、全フランスの3つについて行なった。

従属変数としては、犠牲者の主要な要素（歩行者、二輪車及び四輪車の利用者）を考えた。

各回帰におけるモデルは次のようなものである。

$$Z = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4 + i$$

α は最小二乗法で求める。

もし $(\alpha_i / \sigma \alpha_i) > 1$ であれば、パラメータ α_i は0と異なることに有意性がある。

自動車台数についての係数 (α_4) は常に0より大、そして一般に $\alpha_3 < 0$ (安全対策に関する係数) で、これらは係数の中でも有意性の高いものである。自転車数の増加に関する係数 (α_1)

回帰係数の有意性

死 傷 者	自 転 車 台 数		自動二輪車台数		自 動 車 台 数		交通安全対策	
	a	a/σ	a	a/σ	a	a/σ	a	a/σ
全死傷者	—	—	—	0.028	7.3	-0.296	-3	—
	—	—	—	0.010	2.3	—	—	—
	—	—	—	0.027	9	0.218	-2.8	—
都市部の死傷者	—	—	0.006	0.022	8.3	-0.243	-3.6	1.6
	—	—	—	0.006	1.54	—	—	—
	—	—	0.006	0.020	9.2	-0.165	-2.94	2
地方部の死傷者	—	—	—	0.007	3.5	—	—	—
	0.006	1.6	—	0.004	1.76	—	—	-1.5
	—	—	—	0.007	4.7	-0.057	-1.5	—
歩行者の死傷者	—	—	—	0.005	7.95	-0.079	-4.5	—
	0.001	1.49	—	—	—	0.022	1.44	—
	—	—	—	0.005	9.4	-0.062	-4.6	—
二輪車利用者の死傷者	0.008	1.78	—	0.007	4.2	-0.241	-6.15	—
	0.006	1.65	—	—	—	—	—	—
	0.007	2	—	0.006	4.5	-0.138	-6.1	—
四輪車の死傷者	—	—	—	0.017	7.65	—	—	—
	—	—	—	0.012	4.8	0.111	1.7	—
	—	—	—	0.017	10	—	—	—

α, 係数およびα/σ係数を標準偏差で割った値で、上段は重交通の道路が横断する県、中段はその他の県。下段は全県（コルシカおよびセーヌ県を除く）のものである。

は二輪車の死傷者の時にだけでてくる係数であり、その時は正の値となる。

(5) 結 論

結局、有意の回帰係数は自動車台数の伸びと、安全対策の伸びの係数である。また、二輪車の死傷者に対して自転車台数の増加がわずかに関係しているということはいえる。変数が選ばれた独立変数だけであるならば、これらの係数の値の合理化は、事故現象は全県において同じメカニズムで起るという仮定に基づいている。支持し得る論は、地形や主要道路の有無による各県のクラス分けによって計算したという欠点の中にある。

回帰係数から、自転車が150台のオーダーで増加したり、自動車台数が37台増えたり又は4500フランより少ない交通安全対策費であったりするとそれぞれに応じて犠牲者数が増加することがわかる。傷者と死者の割合を20対1であるとすれば、90000フランの投資で、1人の死者と20人の負傷者を救うことになる。この結果から、帰納的に考えた交通安全対策の実行は演繹的に考えていたより、はるかに有効であるという結論に達した。もちろんこの結論は、仮定の弱点を持ってはいる。しかしながら、この結論は、投資効果に関する研究をより詳細に進めていくことを正当化したものであると考えられる。

参考文献

1. Cf C. ABRAHAM et J' THEDIE Le prix d'une vie humaine dans les décisions économiques. Revue Francaise de Recherche Opérationnelle n°16. 1960.
2. Source : Statistiques des accidents corporels de la Circulation, Direction des Routes – Ministère de l'Equipement, Paris.

人身事故：単相関と回帰平面

ACCIDENTS INVOLVING CASUALTIES
SIMPLE CORRELATION AND REGRESSION PLANES
by J.S.-G. FERNANDEZ-GIRO : Ministerio de la Gobernacion, Madrid

この研究では、全国的に集めたデータを基にして、人口（住民数）を含めた交通についての各種の要素の関連の度合を調べようとするものである。

1 億台 / km / 年当りの人身事故の事故率を計算すると、次のような結果を得る。

登録台数と 1 億台当りの負傷事故との相関係数…………… $r = -0.786$
年間走行台数と 1 億台当りの負傷事故との相関係数…………… $r = -0.804$
登録台数と 1 億台当りの死亡事故との相関係数…………… $r = -0.770$
年間走行台数と 1 億台当りの死亡事故との相関係数…………… $r = -0.762$

偏 相 関

偏相関の係数は次式によって与えられる。

$$r_{ij} = \frac{-\Delta}{(\Delta_1 \cdot \Delta_2)^{1/2}}$$

この係数を用いて、回帰 M_t/HP の一般式が次のような回帰平面を求めることができる。

$$X_1 = a X_2 + b X_3 + c$$

$$M_t = \text{全死亡者数} = X_1$$

$$P = \text{登録自動車台数} = X_2$$

$$H = \text{人口} = X_3$$

a と b と c は偏相関の係数の関数及び各変数の関数として求められる。

$$X_1 = 1.03 X_2 + 0.164 X_3 + 5.595$$

1966 年においては、次のような値を示した。

$$X_2 = 2.735 \text{ (百万台)}$$

$$X_3 = 31.871 \text{ (百万人)}$$

これらの値から X_1 を求めると $X_1 = 3185 \pm 43.12$ となる。

実際の値は、3222 人であった。

この結果は、次の推定式と比較される。（全死亡者数について）

$$M = 0.0003 \sqrt[3]{P \cdot H^2}$$

ここで、 $P = \text{登録自動車台数}$

$H = \text{人口}$

日本の国道における交通事故についての実験的研究

AN EMPIRICAL STUDY OF MOTOR VEHICLE ACCIDENTS ON NATIONAL ROUTES IN JAPAN

by Y. Kogane : Traffic Safety Research Office, Prime Minister's Office, Japan

研究の目的

この研究は、多重回帰分析の手法が、現在ある統計を使って、道路交通の条件との関連で交通安全対策の評価の問題に応用し得るかどうかを見出すためのものである。この実験的研究の結果は、満足すべきものであった。しかし、このようなアプローチを、例えば交通安全政策の立案や実施のように実際に応用するには、より多くのデータを収集し、方法論を確立することが必要である。

分析の対象

この分析の主な対象は、1966年に国道の単路部に発生した多くの歩行者事故である。非歩行者の死傷事故および両者が関連した事故については詳細な解析は行っていない。事故統計は、警察の死傷についての記録に基づいている。建設省の調査によって得られた統計値で、独立に事故件数に影響があると思われる交通の条件や安全にかかわる要因としては、日交通量（走行台キロ）、混雑度（台／巾員1 m 当り／日）、歩行者数（人・km／日）、歩道設置率（歩道延長／道路延長）をとった。全体の事故の10%をかぞえる対象道路の全延長は約27,000 km であり400区間に分割された。

数 式

最初に、上述したデータをもとにして単相関の式をつくった。説明変数は交通量である。目的変数としては、全事故件数、歩行者事故、非歩行者事故をそれぞれとった。次に、非歩行者事故件数と2つの説明変数、すなわち交通量と混雑度との重相関式を得た。3番目に、歩行者事故件数と交通安全に影響する上記の4つの要因との関係を示す多重相関式を得た。回帰式の係数を、説明変数の数と組み合わせをかねて4つの式についてそれぞれ計算した。さらに、歩行者事故を2つのグループ（対背面通行中の歩行者の事故とその他の事故）に分けた。全てのケースについて、説明変数と目的変数との間の線形の関係式を得た。

結 果

一般的にいて、相関係数の値および回帰式の係数の標準誤差は十分満足すべきものであった。しかし、特殊なタイプの事故の研究が進み、事故と道路環境との因果関係をより明確にすれば、相

関係数の値は小さくなる傾向があることがわかった。

これはおそらく、観測数が減少し、ランダムな要因の影響がより大きくなることによるのであろう。

相関係数と回帰式の係数の見地から最も重要な要因は、交通量である。しかし、歩行者事故の場合は、事故率が減少する傾向が認められる。

この調査では、混雑度は、全てのケースにおいて回帰式の係数は負となり、事故件数を減少させることがわかった。

歩行者数は、歩行者の事故件数を増加させる要因であることがわかったが、しかしその重要性は実質的に交通量よりは小さいと推定された。

歩道の事故減少効果は、少くともこの研究で得られ回帰式の係数の値から判断すると、かなり大きい。他の関連する変数の値を400区間の平均値と等しくとった時の式から判断すると、もし道路の全区間に歩道があるとすれば、対背面通行中の歩行者の死傷者数は殆んど0となり、その他の歩行者の事故件数も約72%減少することが推定された。

討 論

Garwood は、道路安全対策費の効果に関する結論が非常に興味あるものであることを見出した。彼の了解するところでは、Morlatは4500フランの追加支出は1人の死亡を防止するであろうし、この死亡のほかに20人の負傷者を救うためには90000フランの支出が必要であろうことを見出している。解析の基礎となった支出の種類についてもう少し詳細に、また資料が公表されているかどうかについて知りたいと希望した。例えば、各県においてハイウェイに関する支出を含む報告が公表されているかどうか。

Marchadier は、支出に関する資料は県から入手したが、その他にもいくつかの情報入手源があるがこれらは中央機関ではないと答えた。Morlatの言うところの支出は追加分であり、それらの支出は既に消費されたものに追加すべき必要な支出増加分であると付言した。

Mela は、Morlatの支出を生命の救助に関連づけるのと同様な研究がアメリカにおいても行なわれたと述べた。非線形回帰法が支出による漸減的付加効果の影響を導入するために用いられた。このような研究において、道路安全に関する支出を、その他の交通目的のための支出から分離するのは困難であった。Melaは、さらに高速度及び高容量を有する道路の有利性を考慮に入れることが望ましいと付言した。このような道路においては、事故は少ないが、重大事故の割合が大きい。例えば、バージニアにおいては、州際道路の事故率は、全道路の事故率の僅か1/4であったが、1事故あたりの死亡は2倍であった。

Older は、Koganeの報告について4つのコメントを行なった。

- (a) 彼は、第3.1節においてKoganeにより用いられた交通に対する事故の弾力性という概念の価値を疑問とした。彼にとっては、車輛の流れに伴う事故の相対増加率に関し、同じ結論が“a”すなわち“付加事故比”の相対値を調査することにより導かれるであろうと思われた。増加率は一定でないのをそれを問題にするのは価値があるが、事故及び交通の測定値の絶対値

に関連してはそれを云々することは価値のあることであろうか。

- (b) 第 3.3 節における歩行者の多重回帰式において特別の変数を付加することが、残差分散 (residual variance) を、第 3.3 節の簡単な式のそれよりも有意義的に減少させたであろうか。Older は、両方の式における係数 " V „ 及び定数項に類似性を認めた。
- (c) 道路研究所 (RRL) における歩行者事故に関する研究において、道路に沿って歩く歩行者の数よりも、むしろ道路を横断する歩行者の数が、変数として用いられた。
- (d) Older は、第 3.3 節に引用された歩行者の数に関する値、12 人/時/km と、第 2 節に与えられた " M „ の平均値、48757 人-km/日 (彼の計算によれば 61 人/時) との間に相違があるのかどうかを疑問とした。

Kogane は、もし十分な時間があつたならば、非線形指数式を適用するつもりで、この "弾力性 „ というパラメーターを導入したのであって、このパラメーターは、その式における交通量の係数となるものであつたと説明した。彼は、線形回帰式においては、付加事故率 " a „ に対する弾力性 " e „ の関係をあらわしておくことは興味あることであると考えた。彼が何故第 3.3 節の式に変数を付加したかの理由は、それらの効果を示しておくことが、方針決定に必要であつたからであつた。しかし、彼はその統計的意義をチェックしなかつた。Kogane は、歩行者のデータに関する相違について検討すると述べた。

Rapoport は、事故の重大さは交通速度によるということについて Mela と同意見であると述べた。しかし、死亡は医療サービスの能率及びそれが事故現場に到達する速度にもよるものであり、この効果を評価することは困難である。

回帰法に関する一般討論

Rabani 夫人 は、イスラエルにおいて事故に対する道路設定と交通の影響についてのいくつかの研究が回帰法によって行なわれたと述べた。最善の説明変数は交通量であることに疑問はなかつた。しかし、同夫人は、他の要素、例えば道路巾員及び歩行者数が交通量に相関するのではないかと懸念した。このことは、事故に対するこのような要素の影響を測定することを困難にした。

Mela は、回帰法は有用であるが、線形回帰法はそうでないと述べた。事故と交通量の間の関係すら線形ではなかつた。単位交通量あたりの事故は、最初交通量と共に増加し、次いで交通の流れが非常に高くなるにつれて再び減少した。

Koornstra は、道路事故には常に多くの原因があり、また共に考慮されるべきあまりにも多くの変数があると述べた。コントロール条件下で 2 ないし 3 の変数を考慮することは無意味である。

Lyons は、回帰法による解析の結論は、その回帰数が評価された状況と異なった状況には適用されるべきでないと考えた。回帰法を採用するときには、特に多数の変数がある場合に、注意を払わなければならない。

第 2 課 題

同時度数分析(Joint Frequency Analysis)

議長：P. ARMITAGE教授

事故発生数の比較におけるカイ二乗分布の適用

USE OF CHI-SQUARED DISTRIBUTION FOR COMPARING ACCIDENT FREQUENCIES

by F. Garwood and R.F. Newby : Road Research Laboratory, United Kingdom

事前事後の比較

道路の安全対策の効果を調べるには、対策の事前と事後の事故件数を調べ、条件が一定であっても、ある特定の道路又は地域上では事故件数が変化することを考慮にいて、事故数の変化（ b から a へ）が、対策が全然効果がないと考える時の事故数の変化より大きいかどうかを確かめる必要がある。（例えばポアソン分布によって）

事故データの解釈にあたっては、交通流や天候の変化による影響を考慮に入れる必要がある。いま独立したデータから C （コントロール比）を使って、増加する事故が（対策に効果がない場合も含む）予測されるとすれば、適当な判断基準としては次のものがある。

$$X^2 = \frac{(a - bC)}{(a + b)C}$$

ここでもし X^2 値が、たとえば5%の有意水準（自由度1に対して3.841）を越えるならば、この帰無仮説を棄却し、結局事故率に真の変化ありと判定することになる。もし、 X^2 値が3.841未満であれば、事故率の変化にはっきりした根拠はないという結論になるが、これは同じ方法、同じ条件で、より多くのデータを使って真の変化があるとしたものと、矛盾するものではない。

在来の有意水準

テストは以上のようなものであるので、効果が全くない時の状況で繰り返し用いると、そのうち5%は間違った答、「効果あり」を引き出すことになる。これを第1種の誤りと呼ぶ。この5%の危険率が大きすぎると判断されれば（誤差の重要性を考慮した上で）、より高度の有意水準、たとえば1%の有意水準を使用しなければならない。しかし、これは「明確な変化がない」というべきところを「変化なし」といってしまう第2種の誤りを引き起す。

事故頻度を合成して使用する場合におけるいくつかの問題点

同じような種類の改良をした道路区間（例えば拡巾工事を行なった）が多数あるときに、各観測所での事故頻度を一緒に用いて事故の統計解析を行なおうという場合がある。この場合には次のような3つの問題点があり、これについてはTannerによって考察されている。

(i) コントロール比（事前と事後の）が全ての地点で同一でないと、その安全対策による平均効

果をいかにして推定するかが明確でない。

(ii) 同一の安全対策が、すべての地域において、均一な効果をあげているかどうかを調べてみる必要がある。

(iii) それが均一でないと判定したときに、その平均変化の有意検定に複雑な問題が生じてくる。

コントロール・グループの適否と事前事後調査の計画

コントロール比 C は、交通量等の外的要因の変化に対して、試験地域と同じ性質を持つと見られる道路（コントロールサイト）における事故件数から推定される。 B と A とをコントロールサイトにおける事前事後の事故件数とすると、これらを用いて次の χ^2 を計算して前と同じ検定を行ないコントロールグループとして適格か否かが判定される。

$$\chi^2 = \frac{(bA - aB)^2 (b + a + B + A)}{(b + a)(B + A)(b + B)(a + A)}$$

理想的なやり方は、対比する2つの観測地点が関連あるできるだけ多くの要因について釣合っており、それらを試験グループとコントロールグループへ無作為に割り当てることである。しかし実際にはこの通り行なわれたことはまずないといってよい。たとえば交通信号に関する研究においては、試験区域以外の警察管轄区域がコントロール・グループとして用いられたいしている。地方部の主要道路における安全対策の効果についての最近の調査では、事前事後の9ヶ月間の事故件数について、次のような値が得られている。

	試 験 道 路	コントロール道路
B (i) 事前 2 3 ヶ月前 — 1 5 ヶ月前	1 5 0	1 1 9 9 8
B (ii) 事前 1 1 ヶ月前 — 3 ヶ月前	1 1 6	1 2 6 1 3
A (i) 事後 1 ヶ月後 — 9 ヶ月後	1 0 0	1 2 4 6 7
A (ii) 事後 1 3 ヶ月後 — 2 1 ヶ月後	1 0 0	1 2 2 5 5

このデータによると、事前の18ヶ月間と事後の18ヶ月では25%という高い事故減少が見られる。しかし、事前と事後の B (ii) と A (i) に目立った変化がないのに対して、事前の B (i) と B (ii) との間には、26%（自由度1において χ^2 値6.16）という高度の有意性のある相違が見られる。

そこで、上のデータに加えてさらに以前 (B (i) より前) の9ヶ月間の事前の事故件数のデータを取った。

これらのデータから、次のようなことがいえる。

(i) 試験道路における数字の変化とコントロール道路でのものは、異なった傾向にある。

試 験 道 路	コントロール道路
1 1 1	1 1 6 6 2
1 0 8	1 0 9 2 9
1 3 4	1 0 9 4 9

(ii) この実験を始める時点でこのようなより多くのデータが得られていれば、ここで用いられたコントロールグループは適当でないとして採用されなかったであろう。

(iii) 試験グループとして選ばれた道路はコントロールグループと比較して、多くの要因に対する性質を異にしている。

以上のことから、単純な事前事後比較による25%の事故減少という結論は、 χ^2 テストにより外の結果は有意であるとしても、コントロールグループの適正さを確かめないと無意味である。しかし、このデータからスチューデントのt検定を使って、その対策が有効であることを若干明らかにできるように思われる。

試験区域とコントロール区域とを無作為に配分することが不可能ならば、事前期間における双方の事故頻度の変動に有意な相違がないことを確認しておく必要がある。

実験の規模

χ^2 検定は、事前事後調査のおおよその観測規模を判定するのに使用できる。統計家はまず真の効果 E 、すなわち、長期の事故率を割引く値を推定しなければならない。もし、コントロール地域の事前事後および試験地域の事前の事故件数の大きさを n とし、 $n = 15.4 / E^2$ (概略値)であれば、事故率に変化ありという判定を下す可能性が50%あるということになる。

	事 前	事 後
試 験 地 域	n	$n(1 - E)$
コントロール地域	n	n

経済的費用についての考察

交通安全対策の効果の評価を事故件数の減少によるよりも、それによって節約されたコストによって行なうべきではないかという問題が当然でてくる。これについて次のような事柄が考えられる。

- (i) コストの概念については、人命とか負傷のコストのように主観的な要素が入ってくるものがある。
- (ii) 英国における1967年の計算可能な事故コストは総額約25500万ポンドで、これに負傷と死亡のコスト(死亡: 5000ポンド, 負傷: 200ポンド)を加えると総額約31000万ポンドに増加すると推定される。
- (iii) しばしばあることであるが、必要なデータが不足しているため、交通安全対策があらゆる大きさの事故を一率に減少させる効果を持つと仮定せざるを得ない時には、その対策による経済的效果は、上述の主観的なコストを導入したときに、225;310の割合で増加することになる。
- (iv) しかし、安全ベルトの装着や中央分離帯での防護柵の設置のようにある種の安全対策は、軽い事故よりもより大きな事故の方を大巾に減少させるという場合がある。
- (v) したがって、安全対策の効果の評価を全人身事故(この場合取扱う数字が大きいいため比較的偶然変動を受けにくい)について行なうか、または事故の大きさに従って事故をいくつかの段階に分けて、各段階に加重係数(コスト)を乗じる方法を取るかを選択する必要がある。一般にコストに関する統計検定は、変動係数が大きくなり事故件数に関するものよりも感度がにぶ

くなるといえるが、どちらがよい方法かを決めるには、より多くのデータが必要となる。

費用についての研究例

高速道路の中央分離帯に防護柵を設置したことによる効果の経済的評価を事前事後の事故件数によって行なった例がある。事故の形態を次のように大きく4つのタイプに分けている。

- A - 1台以上の車が分離帯に乗り上げている。しかし飛びこえてはいない。
- B - 1台以上の車が分離帯を横切り対向車線に入ったが対向車両と衝突はしなかった。
- C - Bと同様で、かつ、対向車両と衝突した。
- D - その他

以下にAタイプの事故を例として、この方法を若干のべてみる。

	試 験 区 間		コントロール区間	
	事前2年間	事後3年間	事 前	事 後
死 亡 事 故	2	5	5	6
重 傷 事 故	12	32	9	37
軽 傷 事 故	15	41	21	38
負 傷 な し	22	95	38	62

- (i) 試験区間における事後の人身事故件数の期待値は

$$\frac{81 \times 29}{35} = 67.1$$

- (ii) 事故の被害程度の最適推定量は、コントロール区間の人身事故件数116件と防護柵設置前の試験区間の29件との事故の被害別（死亡、重傷、軽傷）の合計値すなわち死亡事故13件、重傷事故58件、軽傷事故74件から求めることができる。(i)で求めた人身事故件数の期待値（67.1）をこの構成比で分けられるとすれば、それぞれ6.0件、26.8件、34.2件となる。

- (iii) 同様に、負傷者なしの事故期待値は

$$\frac{62}{38} \times 22 = 35.9$$

- (iv) これらを実際に観測した値とくらべると、それぞれ1.0、-5.2、-6.8、-59.1の差があることになる。

- (v) 平均的なコストを各タイプについて求め、さらに人身事故の被害程度の割合から、全体の道路について次のように求められる。

- (vi) 平均コストの偶然変動(chance variations)を無視すると、全経済便益の分散は、個々の分散を加えることによって求められる。このようにして計算可能な全便益35000ポンドで、80000ポンドの標準誤差があることがわかる。このように標準誤差が大きいのは、数は少ないけれども1件当りのコストがきわめて大きな死亡事故によるものと考えられる。この計算法は、その後のデータによっては、多少修正する必要があるかもしれない。

(1967年 単位ポンド)

事故のタイプ	死 亡	重 傷	軽 傷	負傷なし
A	9,200	1,189	554	472
B	10,428	1,058	398	472
C	14,690	2,022	1,090	700
D	8,718	1,165	550	472
平均的高速道路事故 (全タイプ)				
	10,655	1,187	552	472

カイニ乗分布の実用的検定

2×2表による χ^2 テストの実際的な有効性の予備的な検討を行なうために、ロンドン警視庁管轄区域内の92の区域について1963年から1964年までの12ヶ月の月間事故件数を調べ、隣接した2つの区域を選んで1組にし、46組の2×2表を作成した。事前事後の比較を1ヶ月単位で行なうとすると、自由度1の χ^2 が552(12×46)個得られることになる。次に地区を組分けし、各種の組相互の距離とを組合せて(10マイル42組, 15マイル42組, 20マイル28組, 25マイル15組), 観測分布と期待分布との各種の比較を行なった。これによると全体的な適合度は良好であり、特に5%水準を越えた水準でそうということがいえる。

6.0%(0マイル), 4.4%(10マイル), 3.0%(15マイル), 3.9%(20)4.0%(25マイル)であり、このような地域割りで、1ヶ月単位のものであるかぎり、標準的な有意検定は有効であるといえる。しかしこのような条件は、一般的に使われる条件より、均一であることが当然考えられる。ここでエイト(Yate's)の修正が適応され、5%水準を越える割合は、5%より小さく、3.1%となっている。

結 論

- 1) χ^2 検定法を有効とするために必要となる条件をより正確に規定し、さらに、事故の分散によって異なった種類の事故のコストを推定できるよう、さらに研究を進める必要がある。
- 2) 事前事後調査に用いるコントロールデータは、事後の期待値を与えるに足るだけの信頼性のあるものかどうかを確かめておく必要がある。

参 考 文 献

1. TANNER, J.C. Aproblem in the combination of accident frequencies. Biometrika 45 1958. 331
2. MOORE R.L. and V.J. JEHU. Recent developments in barrier design. 9th International Study Week in Traffic and Safety Engineering. Theme II.

討 論

Hughesは、Garwoodの報告は、コントロール区間のデータの選定の不十分さ、または検討されている以外の何らかの要素の効果により、誤った χ^2 の結果を得る可能性があるとして述べた。また、彼は、Garwoodが常に前期間及び後期間に細分し、コントロール地点の選定についてのチェックを行なうためには期間をこまかく区切って、さらに χ^2 テストを行なうことが望ましいと考えているかどうかを質した。

Garwoodは、十分なデータがあるならばそれは望ましいと答えた。

Srourは、次の3点を明らかにした。

- (a) フランスにおいては、事前及び事後に分けた研究において一般に用いられる方法は次のようである。

“事前”事故の数を“ b ”とし、“事後”事故の数を“ a ”とする。 C がコントロール比であるならば、 $b^* = Cb$ を事故率の改善に関する試みを実施されなかった場合の事後における事故予想数とする。ついで、事後における事故数はポアソン分布していると仮定し、その平均値は b^* であることをテストする。ポアソン分布に対しては、通常の近似法が用いられる。この2方法を比較することは興味あることである。我々は、英国の χ^2 方法

$$\left(\chi^2 = \frac{(a - bC)^2}{(a + b)C} \right)$$

は、それが分布を“事前”の観測値 b と関連させているために、体系的により厳格な検定を導くものと考えている。このようにして、 χ^2 テストは、 $t_{inf}(b^*)$ が b^* の信頼下限である場合、“事後”事故の平均数は $t_{inf}(b^*)$ であるというポアソンのテストと対比されるべきであり、それが $t_{inf}(b^*)$ 以下であるという対立と比較されるべきではない。(コントロール地域において発生する事故の数は、試験地域において発生するものよりも通常高いので、第1近似として、 C は確率変数(random)でないと仮定することができる。)

- (b) テストは、確率変数“事故の全コスト”について行なわれるべきである。この目的のために、このような変数、及び変数“傷害事故のコスト”の分布、例えばパレト(Pareto)または対数-正規分布に関する研究が進められるべきである。
- (c) 試験及びコントロール地域における“事前”発生事故頻度の観測値は同次であるべきであるという事実には注意しなければならない。同じことが、事故の重大性により種々のカテゴリーに分離された事故の相対頻度にも適用される。かくして、Garwoodが出したサンプル(24頁)において、2組の数字、すなわち2, 12及び15, 合計29と5, 9及び21, 合計35とは同次であることが、前もって証明されなければならない。

自動車保険統計の解析

THE ANALYSIS OF MOTOR INSURANCE STATISTICS
by P.D. Johnson : Co-operative Insurance Society, Manchester

序 言

交通事故統計に記録されている事故と保険の請求を発生させる事故とは決して同一という訳ではない。しかしながら、事故率と請求率とは同じ様に変化する傾向があるであろう。このような訳で、交通事故の研究に携わる者と、自動車保険に関心を持つ者とが考えを交換することは十分に理由のあることである。

問題の性質

我々が自動車保険に関して科学的研究を試みようとするならば、損害填補による出費を別々の構成要素、すなわち請求の頻度（請求件数を延べ被保険者数で割った値）及び平均請求額、とに分離して調査する必要がある。この論文において実施されている調査について解説を加えることにより、そのようなアプローチを説明している。議論を簡単にするため、ここでは1台の車両をてん補する自家用車の保険証書に限定しよう。この会社では上に述べた様な保険証書の内有効なものを約65万通保有している。

考慮すべき主な変数としては、保険の担保の形態、自動車の使用目的、自動車が通常使用される地域、自動車の種類、自動車の車歴、保険契約者の年令、超過額（担保）の有無、運転者の制限、およびその他の特記事項である。

これらの要因はお互いに関連しあっているから、ある1つの要因に基づく解析から得られるある時点での単純な平均値は非常に誤解を招き易い。若い契約者は、ただ単に彼らが保険加入後NCD（no claim discount；請求しないことによる保険金の割引）の比率が高くなるのに必要な期間を経過していないという理由だけでNCDの比率が低いのであるとか、若い契約者はまた古い車に乗っている傾向があるとか、古い車は地方部に保管される傾向がある等々である。この問題にどのようにアプローチするかを決定する際には、我々は一度限りの全体的調査を行なおうとするのではなく、連続的に再検討し得る体制を必要としているということを考えておかなければならない。そのため、我々は簡単なモデルにより予想される請求頻度の基準表を作成し、それによって保険契約の各種のグループ内での実際の請求と基準表に従って予想される請求とを比較するという方法を採用した。

データの収集

資料収集の出発点は、現在有効な保険証明の詳細だけでなく、既に無効となっているか又は多少変更されて今では適用されていない保険証書の記録も入っている磁気テープのファイルであった。実際に変化の起こる特点と磁気テープ上で修正される時点との必然的なずれのため、磁気テープは現在の実態を正確には表わしていない。そこで、3月、6月、9月、12月の各月末の時点で、それ以前の数箇月間におこった事実を調査し、そのときに大部分の契約の変更や請求についての情報を磁気テープに入れることを決定した。例えば、12月の調査は次の4月までにまとめられ、同時に10月から12月の間に起こった事故の請求が計上される。長期間遅れて出される請求に対しては、何らかの調整をしなければならない。各4半期の被保険者数は、各4半期の始めと終りの有効な被保険者数の和の8分の1と考えられる。請求と被保険者数との間の一貫性を確保することは特に重要である。

ここで説明される解析においては、事故の性質によっても責任の程度によっても事故を区別しようとはしていない。

解析の方法

料率算定の要因のいくつかは、基準表の基礎として妥当であるか否かの可能性によって選択された。詳細な調査のために最初に選択されたのは、契約者の年齢が26才から65才の範囲で、特記事項および運転制限の無い主要な利用のカテゴリーに属する総合保険証書であった。この会社においては、このグループに属する契約書は20万件以上あり、これらは次の要因の組合せにより分類された。

要 因	カテゴリーの数
任意エクセスの有無	2
NCD (no claim discount) のカテゴリー	5
料 率 地 域	7
車 両 の 種 類	5
車 歴	4

これにより総数1400のセルが与えられる。 (i, j, k, l, m) によって規定されるセルにおける請求頻度 ϕ_{ijklm} に対して次のようなモデルを仮定するのが良い方法であると思われた。

$$\phi_{ijklm} = \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \epsilon_m \quad (\text{和の形})$$

あるいは

$$\phi_{ijklm} = \alpha_i \cdot \beta_j \cdot \gamma_k \cdot \delta_l \cdot \epsilon_m \quad (\text{積の形})$$

あるいは和と積の形の組合せ。

我々は各要素間に複雑な相互作用が存在する可能性があることを考慮に入れなければならないので、これらの方針に基づく簡単なモデルでは満足なものではないであろう。しかしながら、データを詳細に調査した結果、和の形のモデルが妥当な結論を与える可能性があることがわかった。

我々は次に適合の方法を考えた。今 X が請求件数を、 n が契約期間内の被保険者数を表わすとすれば、予想される請求件数の誤差は

$$Z = X - n \phi$$

ここではセルを規定する座標 i, j, k, l, m は除去されている。

適合は、上式の値の 2 乗の加重和である次の値を最小にすることにより行なわれる。

$$X = \sum w z^2$$

ここで和はすべてのセルについて行う。重みとしては次のものが考えられた。

$$w = 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$w = i / n \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$w = 1 / n^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$w = 1 / n \phi \quad \dots\dots\dots (4)$$

(1)の重みは被保険者数の大きなセルを、(3)の重みは被保険者数の小さなセルを不当に強調する可能性があるように思われた。分母に n を持つ(2)、(4)の重みは、1つのセルの中で請求件数が正規分布及びポアソン分布をすると仮定した場合における最小 χ^2 適合にそれぞれ対応している。その分布はおそらく負の 2 項分布である可能性の方が大であろう。その場合でも、 χ^2 を最小にするのに要求される重みは分母に n を持つであろう。このような重みならどれをとっても、各セル間の ϕ の比例的变化は n の比例的变化に較べてずっと小さいので、一般的に同様な結果を生ずる可能性がある。(2)の重みが 2 つの有利な特質のために選ばれた。1 つは、 X を最小にすることにより未知のパラメータをいくつか含んだ 1 組の線型連立方程式が導かれ、これは普通のプログラムを使用して電子計算機で解くことが出来ることであり、もう 1 つは、5 つの要因の内の任意の 4 つを加え合わせて得られる区分けの各々に対して、これらの方程式により予想される請求件数は現実の請求数に等しくなることである。

$$\frac{\partial X}{\partial \alpha_i} = 0 \quad (i = 1, 2), \quad \frac{\partial X}{\partial \beta_j} = 0 \quad (j = 1 - 5)$$

等と置くことにより、2 3 の方程式が得られる。しかし、これらは定数を変化させることなく α_i の増加と β_j の減少を同時に行なうことが出来るのは明らかであるので独立ではない。4 個の変数については任意の値を入れることが出来る。そこでマトリクスの対応する行及び列を消去することにより $\beta_1 = r_1 = \delta_1 = e_1 = 0$ と置く。方程式を解いてから、我々は全体の請求頻度に等しい定数パラメータを入れ、各要因ごとのパラメータの和を変えないような形でパラメータを調整した。

このデータに関する結果

3 箇月間のデータから得られたパラメータの値は次のようである。

契約期間における被保険者数	5 278 0
請 求 数	6 76 0
被保険者 1000 人当りの全体的請求頻度	1 28

任意エクセス		N C D		料 率 地 域		車 両 の 種 類		車 両 製 造 年	
グループ	パラメータ	グループ	パラメータ	グループ	パラメータ	グループ	パラメータ	グループ	パラメータ
有 無	1 -4	0	64	1	-6	1	-6	'65 以降	20
		1	39	2	-9	2	4	'63~'64	2
		2	19	3	-9	3	3	'60~'62	-11
		3	10	4	6	4	14	'59 以前	-37
		4	-16	5	30	5	14		
				6	32				
				7	75				

季節変化があるため、これらの数字は、年間を通したデータから得られるであろう数字とは必ずしも一致しない。またこれは長期間遅れて出される請求に対する考慮はなされていない。しかしながら、パラメータの大きさの程度について何らかの指標を与えることは確かである。

このような状況下で、従来行なわれてきた適合度検定がどの程度の妥当性を有するかは議論の余地のあるところである。このような検定は、観測されたデータからのずれが持つ経済的な影響を必ずしも妥当な形で考慮に入れているとは言えないし、また、このような検定に合格しないパラメータでも基準化の基礎としては適当である場合も当然有り得るのである。いずれにせよ、保険料の算定という形における最終成果が、観測したデータに非常に良く合うことは期待することはできない。というのは、もしそうならばそれは間違っているといえる理由が実際あるのである。上述の例において、 $\sum z^2/n\phi$ の値、これはポアソン分布と仮定した場合の χ^2 に等しいが、は 1400 のセル（そのうち 1,323 のセルにデータが入っている）に対して 1,275 であって、これは満足すべき適合であることを示している。この方法による適合により、任意の 1 つの要因による分類に対して現実の請求は予想した請求に等しく、また 2 つの要因による各種の分類に対しても、現実と予想との差を調査することにより、この適合が不合理でないことが示された。

モデルが満足すべきものであることを最も良く示すのは、長い目で見て、各年を通じて一貫したパターンが表われていることであろう。

車種および規格による自動車保険請求率のいくつかの解析

SOME ANALYSIS OF CAR INSURANCE CLAIM RATES BY MAKE AND SIZE

by H.C. Hall, F. Garwood and B. Mossakowski :
Road Research Laboratory, United Kingdom

序 言

この報告は、ある保険会社が好意的に提供してくれた1年間(1961年)の請求と契約書の記録について英国道路研究所が行なった調査についての報告である。自家用車の請求率(すなわち契約期間当たりの請求数)を、特に車歴、エンジン規格およびNCB資格等との関連で研究した。

道路研究所によるこれまでの関連する調査

道路研究所での以前の研究によると、古い車は古くなるにつれて、走行マイル当りの率は大きくなるが年1台当りの事故率(人身事故)は小さい傾向にあり、一万、1台当りの事故件数はエンジンの大きさが大きくなるにつれて、多くなることがわかっている。1マイル当りの事故件数は若い運転者の層で高くなり、老令の運転者の層で若干増加している。保険に対する請求率は20代の後半と50代の後半が高くなっており、経験年数が増加するにつれて、請求率は減少する傾向がある。

被保険集団内での要因の関連

全車種は6つのエンジンの大きさのグループ(1100, 1300, 1600, 2300 および 3000 cc)に分けることができ、その構成比は、それぞれ36, 27, 20, 13, 3および1%である。2つのメーカーは、2番目のグループの50%以上をもっており、1つのメーカーは、3番目のグループの50%をもっている。各メーカーの車歴分布は、主として各会社の過去の実績によっており、また6つの一般的なメーカーのどれをとっても、総合保険の比率は、車歴が増すとともに減少する。価格の高い車種は、その他のものに比べてNCB(no-claim bonus)の比率が高い。

2つの外国車F1(90%)及びF2(92%)は、恐らくそれらが価格が高く、新しいという理由で、英国車よりも総合保険の比率が高い。大きな英国車は、小さな車より総合保険の比率が高い。

請 求 率

以上のような関係から、各車種の間には明らかに、請求率に影響を与え且つ単純な比較を困難にするようないくつかの重要な差異がある。請求率は、支払いが行なわれた事故に基づいており、す

べての事故に基づいている訳ではないし、後者のうちのいくつかは、総合保険の契約者は報告しないかも知れない。何故なら、それらの事故は他の誰も巻き込んでいないかも知れず、もし報告したらNCBに影響を与えるであろうし、或は損害が控除免責の範囲内かも知れないからである。請求率に影響する各種の変数は次のように表わせる。

- i) 自動車年数および大きさ別の簡単な解析によると、自動車の年数がたつにつれて、請求率は低下する傾向にあり、例えば1年たった車の1年当りの請求数が約0.165であるのに対して、20年たった車では0.024から0.041の範囲の請求件数となる。各経過年数のグループの中でも小型の車は一般に低い請求率を示すが、これは常にそうであるとは限らない。
- ii) 総合保険をもっている自動車の全体の比率は、第3者保険だけを有するものについては0.029であるのに対し、0.128となっている。これらの両方について、2つの外国車の比率は英国車のそれよりも高い。
- iii) 請求がないことによってでる配当のない(以下ONCB)車は、一般に請求がないことによる高い配当がある車(HNCB)に比べて、高い率を示しているが、しかし、このような分類は、解析に複雑な要因を導入する。何らかの物理的要因によって事故率の低い契約者のグループは、NBCによって保険料が安くなるのを保つため、請求を抑えようという気持ちが助長されるかもしれない。
- iv) 1つの要因によるアプローチでは困難であることから、一般に、7~8年間以上の期間の年数による線型回帰が、同じメーカー車で、3種の規格および2つのNBCの組み合わせに対する、総合保険のみについて計算された。この方法で、上記の要因を色々組み合わせることにより、26の異なった回帰線が推定された。回帰式の係数の1つを除いて全て負であり、このことは、年数が経つにつれて請求率は減少する傾向にあることを示している。残りの25の内4つは5%水準で有意であるが、この比較的小さな数字は、線にうまくあった(4, 7または8)年間の点が小さい数であることから予期されることである。回帰線についての26の残差の平方の和の分布は、 n の保険数から計算される請求率が、平均請求率の $1/(n+k)$ に等しい分散をもっているという仮定から予期される分布と非常によく適合した。この平均請求率は、ポアソン分布に従う年間の請求件数と一致する。

英国車間の比較

回帰線を使って、各車種(メーカーはコード番号で表わした)についての平均請求率を推定し、同時に下表のような大体の標準誤差を計算した。

推定請求率 1957年車

小 型 エ ン ジ ン			中 型 エ ン ジ ン		
<u>M a k e</u>	<u>O N C B</u>	<u>H N C B</u>	<u>M a k e</u>	<u>O N C B</u>	<u>H N C B</u>
G 2	. 186	. 068	G 1	. 220	. 105
G 1	. 224*	. 078	G 9	. 220	. 090
G 9	. 191	. 087	G 3	. 183	. 076
G 10	. 173	. 066	G 4	. 209	. 093
平 均 値	. 194	. 075		. 208	. 091
平均標準誤差 (s . e .)	. 012	. 006		. 021	. 009

大 型 エ ン ジ ン

<u>M a k e</u>	<u>O N C B</u>	<u>H N C B</u>
G 2	. 367*	. 113
G 10	. 155	. 085
G 4	. 222	. 107
平 均 値	. 248	. 102
平均標準誤差 (s . e .)	. 033	. 012

小型、大型、ONCBのグループの内の2つは5%の水準で大きい分散を示した。その車種に＊を付す。

1968/9における請求率

	O N C B			H N C B	
	メーカ	率	標準誤差	率	標準誤差
小 型 外 国 車	F 1	. 302*	. 069	. 166*	. 049
"	F 2	. 357*	. 094	. 176*	. 041
小 型 英 国 車	G 2	. 204	. 014	. 068	. 007
"	G 1	. 249	. 013	. 088	. 007
"	G 9	. 214	. 013	. 091	. 007
"	G 10	. 184	. 030	. 069	. 013

2つの外国車に対する率は、選んだ英国車よりも50%又は100%も高く、NCBにも影響している。

討 論

外国車と英国車の物理的な大きな違いは、外国車が両方ともリアエンジンであったことである。このちがいが率の大きな差に影響があるかどうかはさらに調査をする必要がある。

参考文献

- 1.2. Road Research 1960 & 1961 H.M.S.O.
3. MUNDEN, J.M. Int. Rd. Safety Traffic Rev. 1966 XIV (1) 28.
4. MUNDEN, J.M. Astin Bulletin 1962, 2 (2), 182.
5. JOHNSON, N.L. and F. GARWOOD, 1957. J. Inst. Act. 83 (III) N°365,277.

自動車保険の料率算定

MOTOR INSURANCE RATE MAKING

by G.J.M. Shaw : Norwich Union Insurance Group, Norwich

予備調査

現行の料率は絶えず再検討されており、また経験による小規模な変更は許されている。なぜならば、ひんぱんに料率を改訂することは非常に高くつくからである。しかしその結果、結局は料率改訂が必要となり、完全な再検討が企画されることになる。

料率作成の手段に入るまでに解決しなければならない問題がいくつかある。

- (i) 新料率はいつから適用され、有効期間はどの程度期待されるか、予知し得る請求額に対するインフレーションの影響およびその他のすう勢を考慮するため、その料率の継続期間をわきまえておく必要がある。
- (ii) 現在の業務が料率改訂のための検討期間中続けられるならば、何を計画請求数、計画経費としたらよいであろうか。
- (iii) これらの項目の出費を担保し、要求される利益水準を保つには、全体として保険料にどんな変更が必要か。
- (iv) もし保険料の改訂が行なわれるならば、他の会社との競争によって、契約数にどんな影響がもたらされるか。それは許容し得るものか、あるいは利益巾の変更が必要か。

これらの問題に対する解答が与えられたならば、どの分野の契約で保険料改訂を行なうべきかを決定するために、現在実施されている内容を小分割する。

経費の取り扱い

自家用車保険の料率作成の予備作業として、保険料公式において将来の経費に対する適正な余裕を見込むことが出来るように、現在、契約を結びそれを保持するために必要な経費を明確にする。これを行なう方法の1つは、経費を3つの部分に分けることである。

- (a) 契約書の基本的な処理から生ずる経費。特に標準的でないリスクを扱うための余分の費用および自家用車保険業務を全体的に監督するための費用は除外される。これは1つの契約書当りの平均負担金として表わされる。
- (b) (a)から除外された費用のように、自家用車保険の処理から直接生ずるその他のすべての経費。これは契約書を発行するときの出費および請求経費の2つに分けられる。保険料の高いより難しい契約は、この経費の単純平均的な割当て以上に責任があるという理由で、初期費用は保

保険料に対する一定の割合のものとして業務全体に広げることができる。特に注意を要する請求は、高額な請求であるから、請求経費は請求額の一定の割合のものとして割り当てることができる。

(c) 自家用車保険業務に割り当てられる企業の経常費。

1つの保険会社は数種類の分野の保険を扱っており、その経費の一部は、ある特定の分野の業務に対してというよりもむしろ企業の全体的な運営に関係しているものである。しかし、すべての経費は妥当なものでなければならないので、経常費は各分野に分割する必要がある。これは保険料に比例して各契約書にまで広げてゆくことができる。

次に、すべての項目の経費は、将来における変化を反映するように調整される。

経費負担に加えて、利益のための負担および例外的に高い頻度の請求といったような異常事態に対しての余裕のための負担がある。これらは普通組み合わせられて保険料に対する一定の割合として表わされる。企業内保険料 P は、請求額 C を使って次式で表わされる。

$$P = aC + b$$

ここで、 $a + b$ は経費およびその他の利益から導かれる。

請求の解析

1 契約当りの年間請求額は、2つの構成要素つまり請求頻度と平均請求額とに分けることができる。そして、もしこれが行なわれれば、各構成要素は別々に計画することが可能となる。これとは対象的に、真の平均請求額については、高額な請求の解決が長びくので表面に表われてくるまでには時間がかかる。しかし、平均請求額の変動は、料率に影響を与える各種の要因の組合せに対応する頻度の変動よりずっと小さいので、頻度に関する情報と平均請求額に関する部分的な情報とによって年間請求額をかなりの確に評価することができる。

与えられた填補条件に加えて、保険会社は、その他の3つの要因、すなわち運転者、車両および運転され修理される段階での外的条件を考慮し余裕をもっておこうとしている。これらの要因を正確に測定することは不可能であるが、保険会社は、これらの要因のうちの1つまたはそれ以上と相関関係があると考えられる情報を基礎として進めている。

請求頻度

料率算定に影響を与える要因のそれぞれの組み合わせ（料率セル）に対して頻度を調査しようと思えば可能であろうが、これは膨大な仕事量であるばかりでなく、いくつかの料率セルの中にはデータがないかも知れないし、また、データの量が非常に少ないため求めた結果があまり価値のないものになるかも知れない。このような訳で、P・D・ジョンソンの論文（参考文献1）に略述されているような方法が有効となる。なぜなら、いくつかの特徴を共通に持つ料率セル同志の間では、それらの結果を一緒に合わせてしまうことが可能だからである。さらに、この方法は当然保険会社に操作が比較的簡単な料率構成を提供する。

最近の経験に基づいて作成された新しいモデルを全面的に受け入れることは出来ないであろう。

なぜなら、完全な信頼を置くにはデータの量が十分でないからである。信頼性の理論は、主としてアメリカ損害保険統計（参考文献2）により発展してきており、それにはデータに付した信頼性の尺度 λ を含んでいる。ここで λ は $0 \leq \lambda \leq 1$ である。完全な信頼性を示す $\lambda = 1$ は、利用できるデータはそれ自体で経験された事実を代表するのに十分な場合を表わし、 $\lambda = 0$ はそのデータからではどんな利用の仕方をしていても結果を求めるには不十分であることを示す。もしAが以前から使用されている在来のモデルによる頻度であり、Bが λ という信頼性を持つ新しい経験から得られたモデルによる頻度とすれば、新しく採用されるモデルは次のようなものとして考えられる。

$$(1 - \lambda)A + \lambda B$$

自動車保険においては、 λ の大きさは一般にその中に含まれる請求数によって決定される。

請 求 額

次の段階としては、対応する平均請求額を求めることである。非常に高額な請求は、数は少ないけれどもそれが生じたセルの結果に重大な影響を与えることがあるので問題である。目的は将来において通用されることが期待される各料率セルの平均請求額を得ることである。過去における高額な請求の発生は、ある料率セルの特徴を表わさないであろう。特に、他のどのような要因よりも何に衝突したかによって決ってしまう第3者保険に関してはそうである。このことを念頭に置いてこれまで取られてきた1つの解決方法は、各請求額から第3者の要素を取り出すことである。そしてこれが500ポンドを越える場合は、超過分を差引き、これをすべての料率セルから集めておき、これからこれを残っている第3者支払額に比例して各料率セルに戻してゆく。このようにして、全体としての第3者請求額は変わらない。請求額の増加を考えると、平均請求額に対する調整がさらに必要になる。

請求の解決のパターンが比較的一定しているような会社では、適用可能であろうが、とびぬけた高額の請求の問題に対するもう1つの解決として次のような方法がある。すなわち事故発生後第1年目、第2年目、第3年目およびそれ以降の各年において解決された請求の割合を計算し、それから各料率セルおよび全料率セルに対して第1年目の解決、第2年目の解決、第3年目の解決およびそれ以降の年の解決の平均請求額をそれぞれ求めるのである。各料率セルに対して計画された平均額は次のように表わされる。

$$\sum_{j=1}^3 P_j [\lambda_j m_j + (1 - \lambda_j) M_j] (1 + i_j)$$

ここで、

P_j = 事故発生後第 j 年目に解決した請求の割合、 $1 \leq j \leq 3$

m_j = その料率セルにおいて第 j 年目に解決した平均請求額

M_j = 全料率セルにおいて第 j 年目に解決した平均請求額

λ_j = その料率セルにおいて第 j 年目に解決した請求の信頼性

i_j = 計画で必要とされる第 j 年目に関する請求額の期待される将来の増加

P. D. ジョンソンの論文（参考文献1）に略述されている頻度解析と同じような解析（結果とし

て請求解決の要素を導入するのであるが)が利用できるであろう。

全体的考察

いったん頻度および平均的な解決が見出されれば、それに経費、利益および異常事態に対する上積みを加えることにより各料率セルに対する料率を求めることが可能となるであろう。しかしながら、それはわずらわしい算定手続となるので、容易に料率を求められる基準をつくるために何らかの単純化を行なうのが得策である。もし新しく決めた料率が、競争という面から受け入れることができれば、さらに料率についての調整が必要になってくる。

参考文献

1. P.D. JOHNSON. The Analysis of Motor Insurance Statistics. O.E.C.D. Symposium on the use of Statistical Methods in the Analysis of Road Accidents (1969)
2. L.H. LONGLEY-COOK. An Introduction to Credibility Theory. Proceedings of the Casualty Actuarial Society Vol. 49.

討 論

Koornstra は、Johnson の報告に用いられた加法モデルは、かつて心理テストの結果を解析する際に用いられたことのあるものであるとの事実について注意を喚起し、数理心理学会誌 (Journal of Mathematical Psychology) における Zuce, Tukey, Terensky 及び Krant の論文を参照した。彼は、またこのようなデータの解析に対して階数・順序法 (rank-order methods) の使用を言及した。また、モデルを拡大して第2次項を含ませることが考慮されたかどうかを質し、(Johnson の序説に言及された) N.C.D. カテゴリーに対し、乗法的パラメーターの導入がどのようにして行なわれたかを疑問とした。

Johnson は、簡単な形の加法的モデルは、十分に良い結果を与えないかも知れないということでは承知していたが、得られた結果により刺激され、モデルを複雑化しようとすることは価値あることではないと感じたと述べた。彼の会社は、理解及び説明の容易なモデルを欲し、モデルの単純性を害するような改良は、それが実質的に改善された適合を与えるものでない限り望ましくないと考えた。N.C.D. カテゴリーの乗法パラメーターは、分離適合 (separate fitting process) 法によって得られたものでなく、単に加法パラメータをとり、平均N.C.D. パラメーターの重み (weight) を零に調節し、これらを乗法形に職換したものであった。結果は、最小二乗法適合に相当するものでないが、適合が良好である限り、これは問題でない。

Leygue は、「任意超過」(保険)の形態は通常どのようなものであるか、それがすべての賠償請求に適用されるのか、また「任意超過」のある保険とない保険との間の相違、また超過の程度が異なっている場合についての今までの経験はどうかと質した。

Johnson は、通常の任意超過は事故損害支払のみに適用され、定額(例えば5ポンド、10ポンド又は20ポンドを任意に選択する。)のものであって、その見返りとして、しばしば理論的ではないが保険料をパーセントにより減額していると答えた。これは、超過をつけるかどうかの決定

は、保険証券保持者が支払わなければならない保険料の程度により影響されるということを意味した。会社の経験したところによれば、任意超過を付けている人についての請求の頻度は、付けていない人についての請求の頻度よりも、いくらか少ないことを示した。平均請求額に関する立場は明確でなかった。超過（保険）のために、いくつかのゼロ請求及び少額請求は行なわれなかったし、支払に至った請求は、超過のために減少した。それ故、平均請求額は著しくは影響されなかったであろう。任意超過を付けようとするのは、一部の人々であり、経験において観察された相違を、当然行なわなければならない保険料減額を直接決定しようとして使用するのには、必ずしも適切でなかった。

Harper は、地域の格付の解析はどの程度に詳細なものであったかを質問した。彼は、運輸省が最近各地方当局に事故防止対策のために要する費用の決定についてより多くの自由を与えたことを付言し、各地方当局が事故防止に際し有効に支出したとして、果してそれら地方当局が料率支払者に保険料減額の見込を与え得るチャンスがあるかどうかをあやぶんだ。

Johnson は、彼の会社は、それぞれの行政地域の経験を検討しているが、格付けの基礎は車が格納されている地域であり、この地域は必ずしもその車が事故の危険にさらされる地域とは一致しないと答えた。道路安全対策は、自動車保険のコストを下げるべきものであり、ある特定の町の保険契約者により示される請求経験が好ましいものである場合には、このことは保険業者が感ずくところであり、保険業者間の競争は保険料を低下させるであろう。

Ottaviani は、N.C.D. の構成は時と共に変化しがちであり、また各会社により異なるので、保険料の調整は、1年ないし2年の間における請求の数を基礎とするのが良いのではないかと述べた。

Johnson は、将来の請求経験は過去の経験に依存するものであることが予測できる。何故ならば格付けすべきグループは異種のものであるから。また現在のN.C.D. カテゴリーにも依存する。何故ならばN.C.D. 方式を使用することは、請求を行なうに際して罰金があるということを意味し、罰金の大きさはすべてのN.C.D. カテゴリーに対して同一でないからであると回答した。これは、完全な解析はN.C.D. カテゴリーによる同時分析と請求の経歴についてのなんらかの措置を必要とするということを意味する。事実、低いN.C.D. カテゴリーは、さらに細分して最近請求を行なった者を、スケールの上方へと努力している者から別ける必要がある。請求の経歴について用いられるべき実際の措置は、論議のまとなるものである。短期間の間に2またはそれ以上の請求をもった保険契約者を考えるについてのトラブルは、英国においてはそのようなものが十分になかったということであった。

Johnson の会社は請求の頻度が全く低かったということは幸いなことであったが、その頻度のあるものはあまりにも低くてN.C.D. 方式を殆んど無価値とするものであった。多分これが請求に際し罰金を付けない保険へ進むという傾向に対する理由の1つであった。もっとも、このことは、今まで請求が少額の場合それを敢えてしなかった人々が、このような請求を進んでするようになるであろうことを留意しなければならない。

Mele は、請求の性質及び大きさがどの程度にまで考慮されたのかを質問した。彼は、また請求

の割合が車両の大きさと共に増加することは、これらの車両が他の車両と衝突した場合損害を与え易いものであるという事実を反映しうるものであると提案した。他方、ニューヨーク州における事故の分析は、事故に大型車両が関与した場合の重大な人身傷害の発生する可能性は、小型軽車両の場合における可能性よりもずっと小であることを示した。事故に関与した平均重量4800ポンドの車両において約5%の人が重大な傷害を受けた。この割合は、車両の重量が減少するにつれて着実に増加した。例えば平均1800ポンドのグループにおいては、この割合は10%であった。他の研究においては、小型車両を含む車両相互事故において死亡者は87名であり、死亡したうちの73人は小型車両に乗っていたものであった。

第1議題及び第2議題に関する総括討論

Sneed は、Garwood の報告書中にある安全対策の評価はその事故数に対する効果よりもむしろ事故の経費に対する効果を基とすべきであるという提案について言及した。

Sneed は、経費についての作業は、ある期間における事故の経費が経費の高い事故の影響により、特に発生することが非常に少ない死亡事故により、非常に変り得るので、事故数についての作業よりもずっと困難であると述べた。

Garwood は、経費についての作業はずっと困難であることに同意したが、安全対策の目的は事故の経費を減少させることだと考えた。

Marchadier は、Allsop が主成分分析を用いてそのデータの解析を一度に行ない、回帰分析を2回用いることをしなかったと述べた。

Allsop は、これは価値ある提案であると考えた。

Jacobi は、道路安全対策の効果性に対する規準を見出す問題に戻り、死亡及び傷害に関する限り、商業的な見地には同意できないと述べた。彼は、チェコスロバキアからのジャーナリストが最近ミュンヘンで開かれた会議において、チェコスロバキアにおいては、いわゆる事故の経費と事故に対してとられる対策の経費との間の関係を眺めることなく、道路使用者を死亡及び傷害から守ることを義務づけられていると述べたことに言及し、それと同意見であると述べた。

第 3 課 題

確率モデル(PROBABILITY MODELS)

議長：D. R. COX 議長

速度規制の効果についてのオランダおよびスウェーデンの経験的データの応用における交通事故の時間-空間発生分布モデル

MODELS FOR DESCRIPTION OF THE TIME-SPACE DISTRIBUTION OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH APPLICATIONS TO THE ANALYSIS OF DANISH AND SWEDISH EXPERIMENTAL DATA ON THE EFFECT OF SPEED LIMITS

by G. Rasch : University of Copenhagen

ある安全対策が異なった種類の道路に適用されたときの可能な効果を評価するためにはある特定の形の事故件数の分散についての明確な形式化が必要である。この分散の無作為部分については、それがポアソン過程に従い、また例えば事故数50の水準は、確率以外のなんらの説明を待つまでもなく $\pm 2\sqrt{50}$ すなわち38ないし64の分散を許容するものであるから、仮定は軽率な結論に対する有用な防護を与えるものであると一般に考えられているようである。

しかし、この仮定は、異なった期間例えば実験のための速度制限が設けられた期間及び設けられていない期間における事故の発生を比較することを許さない。その理由は、道路網のある一部における交通状況は、日によって変り得るからである。

報告書の最初の部分(第1節及び第2節)に、平均発生率を2つの係数の積として定めるモデルが掲げられている。この係数の1つは問題の道路の種類「道路網のその部分における危険」に関するものであり、他の1つは考慮される日「その日の危険」に関するものである。このモデルの数学的公式化は、ポアソンの乗法法則と呼ばれ、次のようである。

$$(1) \quad P\{a_{it}\} = e^{-\lambda_{it}} \cdot \frac{\lambda_{it}^{a_{it}}}{a_{it}!}$$

ここに、 a_{it} は t 日における i 道路における事故数であり、平均発生率は

$$(2) \quad \lambda_{it} = \xi_i \cdot \eta_t$$

である。このモデルは、任意の日について事故の数は多項分布に従ってそれぞれの種類の道路に分散されており、そのパラメーターは道路種別すなわち ξ_i の相対危険にのみ依存し、 η_t 日の特定な危険とは無関係である。*)

*) この理論の詳細な説明及びモデルの適用については、(2)及び(1)を参照。

デンマーク及びスウェーデンのデータの広汎な検討は、人身傷害を伴う交通事故について、速度制限が実験的に課せられた期間及び課されなかった期間の両方において、郊外の道路に対し、また土曜日、日曜日及びその他のそれぞれの週日に対して、本モデルの有効性について十分な実験的証拠を与えるものであった。

これに基づいて、通常自由な速度が大巾に許容されている種類の道路が、実験的に速度制限が課

せられた期間において、これらの制限以上の速度が決して許容されることのない道路における以上に事故の減少を示すかどうかを検討することが可能になった。その答えは、この2つの国のいずれにおいても、傷害事故についてこのようなことになった効果は確認することができなかったということであった。

残る可能性、すなわち実験的速度制限は事故発生の一般的減少を果したかもしれないということの調査は、種々の時期における事故の総数を正当に比較しうる方法を必要とする。

現在、異なった時期を比較し得る方法はないようである。しかし、異なった年の“類似日”を適当に定義して、例えばそれぞれの年の第23番目の水曜日というように定めて、それらを比較することは可能と思われる。

ポアッソンの乗法法則が、2つの年を異なった日について比較する場合に適用できるとすれば、任意の2つの類似日の総数を2つの年に分割することは、固定パラメーターを有する二項分布に従うであろう。事実、確率分散は、それほど多くではないがいくらか大きくなる。パスカルーポリヤ (Pascal - Polya) (すなわち負の2項) モデルは、2つの年の比較のために、任意の2つの“類似日”が使用できるという性質を有しており、適切であると思われる。統計的に言えば、結果は、特定の日ではなく、年のパラメーターだけに依存する。モデルの数学的公式化は、

$$(3) \quad P \{ a_{xt} \} = (-1)^{a_{xt}} \binom{-\alpha_x}{a_{xt}} \left(\frac{\eta_t}{1+\eta_t} \right)^{a_{xt}} \cdot (1+\eta_t)^{-\alpha_x}$$

ここに、 a_{xt} はX年のt日における事故の数をあらわし、 α_x は年のパラメーターで、 η_t は日のパラメーターである。上記の比較する2年にわたり与えられた総計 $a_{0,t}$ の条件つき確率は、日のパラメーター η_t と無関係な超幾何分布であるという事実によるものである。

※) 導き方と詳細については、第3節参照。

このモデルを用いて、任意の連続する2年における特別の速度制限のある類似期間、そのような速度制限のない類似期間の比較 —— 各対の年に対して全部で4つの組合せ —— を、デンマークにおいて1961年/64年の間に、またスウェーデンにおいては1961年/67年の間について行なった。

デンマークのデータにおいては、この分析は4つの可能な組合せにα比の間にいかなる差をもあらわれなかったが、スウェーデンのデータにおいては、系統的な相違が見出され、速度制限が事故を減少させる可能性のあることを示した。(3)第5節参照。

しかし、結論は明らかでない。

事実、スウェーデンの実験における速度制限の実効は、デンマークの実験におけるよりも遙かに効果的な警察の取締りが行なわれたことにもよる。これは、スウェーデンで観察された全面的な減少が速度制限によるものか、又は警察の取締りによるものか、或はこの両方の要素によるものかどうかとの疑問を残す。

この疑問に対しては、1965年にスウェーデンにおいて行なわれた特別の、やゝ限定された実験により光明が投げかけられている。8月-9月の間において、実験的に警察の取締りが2本の短かい道路の区間において実施され、この取締り区間と特別の警察取締りの行なわれなかった規制道路と

に対して事故の発生数が記録された。さらに5月－6月の間においても両方の種類の道路区間について事故の発生数が記録された。これらのデータに対しては、ポアッソンの乗法モデルが適用できるように思われ、この仮定に基づくとき、警察取締りの実施された道路については、事故頻度の有意な減少が認められた。(1)、第4節、及び(3)、第6節参照。)

勿論、これは上記の総合的な減少が警察の取締りによるものであったことを証明するものではないが、速度制限に関するスウェーデンの実験の結論について疑問を提起するものである。

これとは別としても、1965年の実験についての我々の分析は、ポアッソンの乗法法則を適用しようとする限りにおいては、交通事故についての実験における無作為化(確率化)に対するどちらかといえば無駄な要請を妨げる可能性を指示している。

参考文献

1. G. Rasch, 交通事故の時間－空間分布の記述のためのモデル, 道路研究所におけるO.E.C.D (経済協力開発機構) シンポジウム, 1969年4月, 報告書(未発表)。
2. G. Rasch, 智能及び技能テストのための確率モデル, コペンハーゲン, 1960年。
3. G. Rasch, En reanalyse af danske og svenske forsøg over virkningen af hastighedsbegrænsningen på trafikulykker

交通事故予測モデル

A MODEL FOR FORCASTING TRAFFIC ACCIDENTS
by N.O. Jørgensen : Danish Council of Road Safety Research, Copenhagen

1. 事故発生の統計モデルの公式化

この作業の目的は、Jutland における幹線道路網のある部分に発生すると予期される人身事故数を算定することである。特に自動車道路計画の優先順位が異なることによる事故件数の差を算定することである。この作業は、デンマーク運輸省によって行なわれた経済評価の一部として用いられた。

図は、事故予測のシステム図を示している。基礎的データは、デンマークの全道路についての1962-64年間のすべての人身事故の「警察事故報告」から成っている。

これらの報告は、車道幅員、車線数、中央分離帯の有無および沿道の発展状況といった高速道路網の物理的データの記録について述べている。これらのデータを用いて、道路のクラスを17種類に分類し、各クラスは約1 km の道路の区間と主要な道路との交差点に、更に分割された。

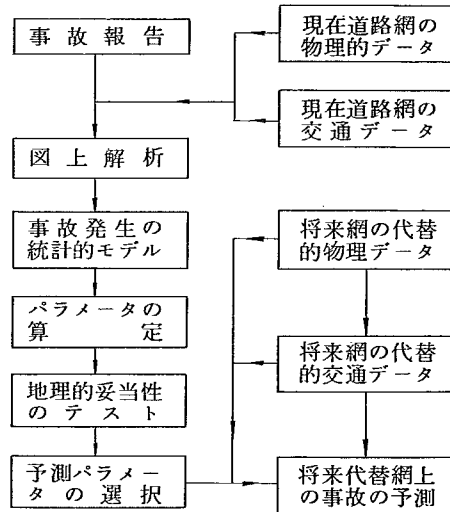
道路の各区間について、年平均日交通量 (AADT) が算出された。この種類の統計は、一般に運輸省の仕事となっている。

道路のクラス毎の事故密度 d (年間1 km あたりの事故件数) は、交通流の関数、

$$d = a \cdot N^p \dots\dots\dots (1)$$

であるということが、基本的モデルとして示唆された。ここで、 N は AADT であり、 a と p は道路のクラスによって性格づけられる常数である。明白な相関のあるものと実測された密度が1本の回帰線の周囲にかなり拡散している道路のクラスの中から、多数の区間をとり出してこれに基づいて予備的な図上の検定を行なった。

モデルをよりの確に公式化するために、ある道路の区間内の年間の事故件数は、ポアソン分布に



図一事故予測の体系図

従うランダムな変数であることが、さらに示唆された。

今、 U_{ij} をある年のクラス i 道路の j 区間の事故件数とする。 U_{ij} はポアソン分布であるとすると

$$E(U_{ij}) = a_i \cdot N_{ij} \cdot p_i \cdot L_{ij} = a_i \cdot Y_{ij} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

$$Y_{ij} = N_{ij} \cdot p_i \cdot L_{ij}$$

また、

$E(U_{ij}) = ij$ 区間の事故件数

$N_{ij} = ij$ 区間の年平均日交通量

$L_{ij} = ij$ 区間の道路延長

とする。したがって、分布は、

$$P_r(U_{ij}=U) = \frac{(a_i \cdot Y_{ij})^U}{U!} e^{-a_i \cdot Y_{ij}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

現場のデータから N_{ij} と L_{ij} はすべての区間について知ることができる。交差点は、(2)および(3)式の L_{ij} を除くことによって判ることができよう。ある理由によって、主要な高速道路の予測は分けてとり扱った。すべての小さい交差点は、区間の中のデータに含まれている。

2. 予測における基本的仮定

事故予測の基本的仮定は、つぎの2点である。

1. (2)および(3)で表わせる一般的なモデルは将来の交通事故を予測する基礎として認められる。
2. i クラスの道路のパラメータ a_i と p_i は、最近の統計情報から算出できる値を持っている。
これらの値は予測期間——例えば約10年——を通じて一定であるということを仮定している。
1962～64年間を通じたデータの図上解析が、各年ごとに分けた場合のモデルと良く一致したことから支持された。

3. パラメータの算出

ある道路クラスについて、 U_{ij} および L_{ij} の実測値を用いて(式)によって、 a_i と p_i を同時に算定できない。したがって“試行錯誤”による接近法を用いた。選択された p_i ($p_i=0.5$, $0.6 \dots\dots$) から a_i を算定する。与えられた p_i は、次式によって算定される。

$$a_i \approx \frac{\sum_j U_{ij}}{\sum_i Y_{ij}} = \frac{U_i}{Y_i} \quad \dots\dots\dots (4)$$

a_i を算定した後に、(2)式の計算値と実測値 U_{ij} との間偏差の二乗和を計算した。

$$S(p_i) = \sum_i (U_{ij} - a_i \cdot Y_{ij})^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$S(p_i)$ の最小値に対応する p_i 値は、最適な p_i 値であると解することができる。表-1は異った p_i 値に対する $S(p_i)$ と a_i との値の計算結果の例を示している。

4. パラメータの地理的妥当性

表-1に与えたデータは、1963年にデンマークの全州全郡におけるハイウェイ上の事故記録である。事故予測は、デンマークのハイウェイ網の極めて限られた部分のみを比較することである。したがって、もし、パラメータの予測がハイウェイ網の同一の部分のデータのみに基づいていれば、より現実的なパラメータの値を得ることができて、大いに好ましいことである。この可能性を調べ

表-1 パラメーター算定結果の一例

A. 異った年の $S(p)$ と a との変動の例

(自転車道を有しない2車線地方部道路)

p	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
1962 a	9.912	4.773	2.285	1.087	0.514	0.242	0.113
1962 $S(p)$	2.299	2.226	2.179	<u>2.162</u>	2.108	2.240	2.348
1963 a	9.036	4.312	2.045	0.965	0.452	0.211	0.097
1963 $S(p)$	2.036	1.954	1.894	1.861	<u>1.858</u>	1.892	1.969
1964 a	10.806	5.098	2.390	1.114	0.516	0.238	0.109
1964 $S(p)$	2.854	2.773	<u>2.736</u>	2.751	2.825	2.968	3.192

注) 印は最小 $S(p)$ の値

B. 最小 $S(p)$ から算定された予測のためのパラメータ

地 方 部 道 路	p	a
自転車道を有しない2車線	0.8	0.965
" 有する 2車線	0.7	2.427
" " 3車線	1.1	0.0728
都 市 部 道 路		
自動車道を有しない2車線	0.7	6.947
" 有する 2車線	0.9	1.238
" " 3車線	1.0	0.437

注) 他のすべての p -値は 1.00 とする。

るために、つぎのことを試みた。

クラス i の道路の全事故数、 U_i をつぎの2つのグループに分ける。

U_{li} = 一定の地方部のクラス i 上の事故数

U_{ri} = 郡の残った部分のクラス i 上の事故数

したがって、

$$U_i = U_{li} + U_{ri}$$

である。 p_i を用いて a_{li} および a_{ri} を算定する。

$$a_{li} \approx \frac{U_{li}}{Y_{li}}$$

$$a_{ri} \approx \frac{U_{ri}}{Y_{ri}}$$

(4)式によれば

$$a_i \approx \frac{U_i}{Y_i} = \frac{U_{li} + U_{ri}}{Y_{li} + Y_{ri}}$$

郡の異った部分で a 値が異なるかどうかを検証する。仮定は $a_{li} = a_{ri} = a_i$ とした。代替案は $a_{li} \neq a_{ri}$ という仮定で二重の検証をした。

検証は7つのクラスの道路について行なわれ、結果は地方部と郡の残った部分との間に規則的な偏差はないのが5、あるのは2となった。

5. む す び

この報告で述べられた計画では、短時間のうちに最終データを得ることが必要であるという理由から、全国的なデータから算出されたパラメータを用いて、(2)および(3)で示されたモデルを用いて、十分に良い近似値を得ることと考えられた。すべての道路についてパラメータの値を決めることによって、図にしたがって、事故を予測することができた。

討 論

Garwood は、Rasch がポアソン分布の加法性と逆である Chatlerji による定理(2)について述べたことに興味を抱いた。他の逆の定理が、Raikov (C.R.de l'Acad.des Sc.de l'UR-SS 1937 X I V 1, 9) により与えられており、ポアソンの法則により分布された変数の値が独立した2個の確率変数の合計であるとすれば、そのとき各々はやはりポアソンの法則により分布されると述べられている。(Raikov が用いている“ポアソン法則”は、負でない整数 X が確率 $e^{-m} m^x / x!$ を有し、 $m \geq 0$ である場合、 $(x - \alpha) / r > 0$ はポアソンの法則に従うということから、通常の分布をやゝ拡大しているように思われる。)

Newby は、Jørgensen の報告について意見を述べた。Jørgensen の分析に用いられている道路についての17のカテゴリーは、Newby にとっては過大な数であると思われた。交差点を取扱かう際に式(2)及び(3)からある項を除外している Jørgensen の方法は果して妥当であるかどうかを疑問とした。彼は、また1955年のデータを用いてパラメーターを推定し、1965年の事故を予測し、その結果を実際の1965年のデータと比較することにより、Jørgensen の方法を証明することが可能かどうかを質問した。

Jørgensen は、道路について17のカテゴリーを用いたのは、データがこの形式で記録されているからであると答えた。カテゴリー間に有意義な相違はなかった。1955年からの予測を1965年の実際の結果と比較する適当なデータはなかった。

Jacobi は、彼の意見では、ある道路上の交通密度と事故の数との間の関係は、2又はそれ以

上の道路のうちのどれがより危険であるかを定める上に十分な情報ではなく、従って改善されるべきであると述べた。我々は、事故が発生した時における交通密度を知ることを必要とした。

Jørgensenは、これに同意し、交通の時間毎の変化が記録されるべきであると述べた。しかし、それらをモデルに有効に導入することは非常に困難であった。

死亡事故の分布：確率モデル

DISTRIBUTION OF FATAL ACCIDENTS: PROBABILITY MODELS
by J.S.-G. FRENANDEZ-GIRO : Ministerio de la Gobernacion, Madrid

この研究は、1964年、1965年における死亡事故についての解析によって得られた死亡事故の分布は、年間でも月間でも平均値と分散の値はほぼ同じという結論にもとづいている。これから、死亡事故はその密度関数が次のような式で示されるポアソン分布をあてはめても良いということが出来よう。

$$f_X = \frac{e^{-m} m^X}{X!}$$

これと異なるアプローチとして、負の二項分布を考える手段もある。この考えでは、次式で示される。

$$f_X = \left(\frac{X+K-1}{K-1} \right) p^K q^X$$

ここで X は独立変数で事故件数を示し、 p は確率、又 $p+q=1$ とする。 P および K の値は、平均値 $\bar{X}$ 、分布の分散 σ^2 によって求めることができる。すなわち

$$\text{平均値} \quad \bar{X} = \frac{Kq}{p}$$

$$\text{分散} \quad \sigma^2 = \frac{Kq}{p^2}$$

負の二項分布については、分散 σ^2 が分布の平均値 $\bar{X}$ より大きい場合に良く適合することが判明している。

これらの例から、任意の日における事故のおこる確率を求める表を作成してみた。

この解析から得た重要な結果として、これらのモデルは原則として確率的な考えの上に立っており、また、過去の結果より生みだされた手法であり、将来に対しては、年代を考えて同じような結果が起るといふ訳にはいかないであろう。したがって、将来増大する交通事故の要因となる自動車交通の性格の変化をはっきり予見しない限り未来についてとやかく言うことは正当ではない。

確率的に事故がおこるという考え方にたつて、事故がおこらない時間を求めるためさらに従来の研究をすすめてみた。

ここで微分方程式は、次のようになる。

$$P_o'(t) = -\lambda P_o(t)$$

積分して

$$P_o(t) = e^{-\lambda t} \cdot K$$

ここで $K=1$ となる。何故なら $P_o(o) = 1$

$P_o(t)$ は t 時間の間は事故が起らない確率である。

この結果を利用して1965年における結果から4時間事故がおこらない確率を求めてみると、
 $P_r = 0.4135$ となる。

この時間に対する確率を1965年について求め、また1974年についても推定した。

事故の傾向についての統計的推定

THE STATISTICAL ESTIMATION OF ACCIDENT PRONENESS

by D. Srouf : Organisme National de Sécurité Routière, France

本論文の最初の部分は、事故の傾向について、今まで行なわれた数学を用いた研究を紹介したものである。事故についての個々人の傾向を、ピアソン (Pearson) 法の III 型による平均値を使って、ポアソンの法則によって明確にしようという考えは、当初考えていたような結果を得られないように思われる。その他、今まではしばしば、例えば「事故の起り易さ」という言葉の正確な意味というような基本的な問題を見過していた。事故についての「集中を示す曲線」の簡単な考察をただで、このカーブが全く偶然に得られたものと異なっていれば、傾向について性急な結論を引き出そうとした。

事故件数についてのポアソン分布は傾向を示さず、逆に、負の二項分布がその性格を表わすということを受入れるという危険性があることについて読者の注意をうながしたい。二変数の方法 (相隣る 2 つの期間の事故件数間の相関) はあまりおもしろそうではない。この方法はほとんど使われないし、計算もやっかいである。また、この方法は、(分散-平均値)/分散によって事故発生傾向を示す一変数による方法に結果的になる。

したがって、新しい統計方法は、危険性の個別化について深く探究すべきであり、またこれにより事故の傾向についての有効な推測が得られなければならない。ここで、事故間の平均間隔時間を用いた Sichel 博士のモデルを記すことは有効である。この方法では、ある期間 L について、事故発生の間かくは、事故に対する運転者の無感覚をあらわすパラメーター θ をつけた $r(1)$ の分布の法則によるとしている。

一定期間 L における事故件数は、パラメーター $\lambda = L/\theta$ を使ったポアソン分布に従う。 θ は平均間隔 $\bar{T}$ (連続した事故間) から推定される。

$$E(\bar{T}) = \theta \left(1 - \frac{\lambda}{e^{\lambda}-1} \right)$$

$$V(\bar{T}) = \frac{\theta^2}{2(e^{\lambda}-1)} \left[\lambda^2 (S(\lambda) + \frac{1}{2}) - e^{\lambda} (1+\lambda) + 4\lambda + 1 - \frac{2\lambda^2}{e^{\lambda}-1} \right]$$

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \sigma(\bar{T}) = \theta / \sqrt{\lambda}$$

$$\text{ここで, } S(\lambda) = \sum_{r=1}^{\infty} \frac{\lambda^r}{r \cdot r!} = \bar{E}_i(\lambda) - C - \log \lambda$$

$C = 0.577216$ はオイラーの定数であり、 $E_i = \int_{-\infty}^{\lambda} e^X \frac{dX}{X}$ は自然対数の積分であり、

表で求められる。

さらに、 θ についての信頼限界である θ_X および $\theta_{1-\alpha}$ は次式を解いて求める。

$$\frac{1}{(e^{L/\theta} - 1)} \sum_{i=1}^r \left[1 - \frac{(i\bar{t})^i}{(L)^i} \right] \frac{(L/\theta)^i}{i!} = \alpha$$

しかし、注意しなくてはならないのは、上記の $\bar{t}$ については、最後の事故と考えている当該期間の最終時点との間の時間を考慮していないということである。

そこで、ある期間 L の間に、 $t_1, t_2, \dots, t_r$ の間かくで発生した r の一連の事故の確率を表わす次の関数を最大にすることが考えられる。

$$L(\bar{t}, r) = \frac{L^r \cdot e^{-\Sigma t_i / \theta}}{\theta^{2r} (e^{L/\theta} - 1) \cdot r!}$$

$\hat{\theta}_{app} = \frac{L + r\bar{t}}{2r}$ で表わされる $\hat{\theta}_{app}$ は最大限の近似値であり、特に r が 4 または 5 の時は

満足すべき結果になることがわかっている。この式から次のような結果を得る。

$$E(\hat{\theta}_{app}) = \frac{\theta}{2} \left[1 + \frac{\lambda}{(e^{\lambda} - 1)} S(\lambda) \right]$$

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} E(\hat{\theta}_{app}) = \theta$$

$$V(\hat{\theta}_{app}) = \frac{\theta^2}{4(e^{\lambda} - 1)} \left\{ \lambda^2 S(\lambda) + \frac{1}{2} \left[\lambda^2 \cdot S(\lambda) + 1 + \frac{\lambda^2}{2} - e^{\lambda}(1 + \lambda) \right] - \frac{\lambda^2 \cdot S^2(\lambda)}{e^{\lambda} - 1} \right\}$$

$$\text{ここで、} S(\lambda) = \sum_{r=1}^{\infty} \frac{\lambda^r}{r^2 \cdot r!} = \int_0^{\lambda} \frac{S(t)}{t} dt$$

θ に関する 80% の信頼限界は、 $\hat{\theta}_{app} \pm 0.903 \hat{\theta}_{app}^{\frac{3}{2}} / \sqrt{L}$ であり、 $\bar{t}$ が用いられたが $\hat{\theta}_{app}$ が使われたかによるこれらの間かくについての結果を比較し得る。

バスの運転者についての Sichel の観察に基づく実例の研究では、それぞれの推定式について、信頼領域の巾と運転者の無感覚についての推定値との間に正の相関があり、第 2 番目の場合は、上限がかなり低下することを示している。この 2 つの現象についての説明が必要となる。

もし、 θ が $L(\bar{t}, r)$ の最大化式の正確な根であるとする、 $\lim_{\theta \rightarrow 0} \sigma(t)$ と $\lim_{\theta \rightarrow 0} \inf \sigma(\theta)$ は $\theta^{\frac{3}{2}} / \sqrt{L}$ に比例し、この推定値は $\bar{t}^{\frac{3}{2}} \sqrt{L}$ によって与えられということから、正の相関が成り立つ。

上限の $\theta_{1-\alpha}(\bar{t})$ が下がることは、 $\theta_{(1-\alpha)}(\bar{t})$ に応じて変化する

$$\frac{\theta_{1-\alpha}[\bar{t}] - \theta_{1-\alpha}[\hat{\theta}_{app}]}{\theta_{1-\alpha}[\bar{t}]}$$

は、 L を定数としたとき、 r について増加関数である。

個人の責任および事故の費用についてある仮定をすることによって、最大の責任がある時点での運転者の事故に対する無感覚および単位費用あたりの無感覚についての式を得ることができる。責任 X は、 (X_0, X_1) の期間 (ここで $0 < X_0 < X_1 < 1$ および $X_1 - X_0 = \Delta$) に均一に分布してお

り、費用 C は、 (C_0, ∞) の間、パラメータ μ をもった r_1 の法則に従うとすれば、

$$\bar{T}^* = \frac{r}{\sum_{i=1}^n} \frac{T_i}{X_i}$$

$$\text{および } \bar{T}^{**} = \frac{r}{\sum_{i=1}^n} \frac{T_i}{C_i}$$

は、 θ/Δ および θ/μ のそれぞれ重みをつけた式である。

$$E[\bar{T}^*] = \frac{\theta}{\Delta[1-e^{-\lambda}]} [e^{-\lambda X_1/X_0 - e^{-\lambda} + E_i[\lambda X_1/X_0]} - E_i[\lambda]]$$

$$E[\bar{T}^{**}] = \frac{\theta}{\mu(1-e^{-\lambda})} [e^{C_0/\mu} [E_i[C_0/\mu] - E_i[\lambda + C_0/\mu]] - \frac{\mu\lambda e^{-\lambda}}{C_0 + \mu\lambda}]$$

ここで、 $E_i[X] = \int_X e^{-y} \frac{dy}{y}$ は自然対数の積分であり、表で求められる。

これらの式は、 λ が 4 または 5 より大きいときには、かなりの範囲にわたって簡単化できる。例えば $\bar{T}^{**}$ の推定式の相対バイアスは、おおよそ $-1 + e^{C_0/\mu} [E_i[C_0/\mu]]$ であり、最小バイアスの推定値を含んでいる範囲は、 C_0/μ の変動で $[\frac{1}{4}, 1]$ の間にある。

このモデルの各種の一般化、たとえば平均値 $\bar{T}^{***} = \frac{r}{\sum_{i=1}^n} \frac{T_i}{X_i C_i}$ の利用、相隣る期間が独立

であるとい仮説、 θ が一定であるという仮説を取り除く等ということを考えることができる。危険の種類を明確にするために開発された方法が保険のプレミアムを計算するのに有効であるかどうかという問題がでてくる。

参考文献

1. ARBOUS and KERRICH : Accident statistics and the concept of accident proneness, *Biometrics* 1957, 7, 340-432.
2. BLUM and MINTZ : Correlation versus curve fitting in research in accident proneness, *Psycho. Bull.* 48 (5), 1951, 413-8.
3. BURKE : Notes concerning the Webb-Jones article, *Psycho. Bull.* 50 (2), 1953, 137-9.
4. GREENWOOD and WOODS : The incidence of industrial accidents upon individual with special reference to multiple accidents. Industrial Fatigue Research Board; report n°4 - 1919.
5. GREENWOOD and YULE : An inquiry into the nature of frequency distributions representative of multiple happenings. *J. of Roy. Statis. Soc.* 1920, 83, 255.
6. LEYGUE : Le problème des accidents de la route : étude générale de l'exposition au risque. O.N.S.E.R; enquête : "pompes à essence".
7. MAGUIRE - PEARSON WYNN : The time intervals between industrial accidents. *Biometrika* 39 (1 et 2) 1952, 168 - 180.
8. MARITZ : On the validity of inferences drawn from the fitting of Poisson and negative binomial distribution to observed data. *Psycho. Bull.* 47 (5), 1950, 434 - 443.
9. Mc FARLAND : - Human variables in motor vehicle accidents Harvard School of Public Health, 1955.
- Opinions courantes américaines sur le concept de la prédisposition aux accidents.
10. MINTZ and BLUM : - A re-examination of the accident proneness concept. *Journal of applied psychology* 33 (3), 195 - 211, 1949.
- Time intervals between accidents. *J. of appl. Psycho.* 38 (6), 401-6, 1954.
11. NEWBOLD : Practical applications to the statistics of repeated accidents particularly of industrial accidents. *J. of Roy. Statis. Soc.* 1927, 90, 487.

12. SHAW, LYNETTE and SICHEL : The reduction of accidents in a transport company by the determination of the accident liability of individual drivers. Traffic Safety Research Review, December 1961.
13. SICHEL : The statistical estimation of individual accident liability. Traffic Safety Research Review : March 1965.
14. SROUR : Méthodes mathématiques et statistiques appliquées à l'étude de la prédisposition aux accidents. Thèse de 3ème cycle ; Faculté des Sciences de l'Université de Paris.
15. WEBB and JONES : Some relations between two statistical approaches to accident proneness. Psycho. Bull. 50 (2), 1953, 133-6.
16. WHITTAKER and WATSON : A course in modern analyses.

討 論

Rasch は、次のように述べた。すなわち、個別（人、道路区間等）の事故は、 $\lambda'(t)$ を強さの関数とする Weibull の過程に従って起ると仮定する。その時、時点 t_0 からの無事故期間の継続 $t - t_0$ の確率密度は

$$(1) \quad p(t/t_0) = \lambda'(t) e^{-(\lambda(t) - \lambda(t_0))}$$

ある時間 (t_0, T) 内に発生する事故の時点を $t_1, \dots, t_K (K \geq 1)$ により示すと、

$$(2) \quad p(t_i/t_{i-1}) = \lambda'(t_i) e^{-(\lambda(t_i) - \lambda(t_{i-1}))}$$

また、 (t_K, T) に事故は発生しない。すなわち K は事実 (t_0, T) における事故の数である。或は等価的に t_{K+1} の可能性が T 以降に起るという確率は、

$$(3) \quad p(t_{K+1} > T/t_K) = e^{-(\lambda(T) - \lambda(t_K))}$$

従って、合せた確率密度

$$(4) \quad p(t_1, \dots, t_K, t_{K+1} > T/(t_0, T)) = p(t_1/t_0) p(t_2/t_1) \dots p(t_K/t_{K-1}) p(t_{K+1} > T/t_K) \\ = \lambda'(t_1) \dots \lambda'(t_K) e^{-(\lambda(T) - \lambda(t_0))}$$

$t_0 < t_1 < \dots < t_K < T$ について積分して、 (t_0, T) における T 度に事故の周知の確率を見出す。

$$(5) \quad p(K/t_0, T) = e^{-(\lambda(T) - \lambda(t_0))} \frac{(\lambda(T) - \lambda(t_0))^K}{K!}$$

(4)式をこれで除して、条件付き確率密度が得られる。^{*}

$$(6) \quad p(t_1, \dots, t_K/K, (t_0, T)) = K! \frac{\lambda'(t_1) \dots \lambda'(t_K)}{(\lambda(T) - \lambda(t_0))^K}$$

^{*} $K=0$ に対しては、(4)式及び(6)式の右側項は、それぞれ $e^{-(\lambda(T) - \lambda(t_0))}$ 及び 1 になる。

この基礎式から、種々の結論が導かれる。

[$\lambda'(t)$ が一定で λ に等しいならば、

$$(7) \quad \lambda(T) - \lambda(t_0) = \lambda(T - t_0)$$

(6)式は次のようになる。

$$(8) \quad p(t_1, \dots, t_K/K, (t_0, T)) = \frac{K!}{(T - t_0)^K}$$

これは λ と無関係である。かくして、 K は λ の十分な推定値であり、 K が判れば $t_1, \dots, t_K$ の正確な位置は、 λ の推定に何等付け加えるものとはならないことを意味する。

これは、 $t_1, \dots, t_K$ が無用であるということの意味するものでなく、事故はポアソン過程に従うという基本的な仮定のパラメーターとは無関係なコントロールに用いられることを意味する。

しかし、いずれの方法 (test) が適当であるかは、ポアソンモデルからのいかなる種類の逸脱を我々が求めているかに依る。

II 可能な代りの方法は、Weibull の過程であり、時間 t_0 から出発し、経過時間のなんらかの罫に比例する強さを持たせることである。この場合、次のように書くことができる。

$$(9) \quad \lambda(t) = \lambda(t - t_0)^\alpha, \lambda'(t) = \alpha \lambda(t - t_0)^{\alpha-1}$$

$\alpha = 1$ に対しては、上式はポアソン過程に退化する。 $\alpha > 1$ 、すなわち放物線の場合、強さ $\lambda'(t)$ は時が進むにつれて無限に増大する。 $\alpha < 1$ 、すなわち双曲線の場合、漸次減少して零に近づく。

このモデルに対しては、(6)式は次の形をとる。

$$(10) \quad p(t_1, \dots, t_K / K, (t_0, T)) = K! \frac{\alpha^K \prod_{i=1}^K (t_i - t_0)^{\alpha-1}}{(T - t_0)^{\alpha K}}$$

$$t_0 \leq t_1 < \dots < t_K \leq T$$

かくして、 α の十分な推定が可能になる。

$$(11) \quad \frac{1}{\alpha} \approx \frac{1}{K} \sum \log \frac{T - t_0}{t_i - t_0}$$

右側の合計 l の標本分布は、正の α に対しては (10) 式と同じ体 (field) についての積分は 1 (unity) に等しくなければならないから、 $v < \alpha$ の場合、その特性関数、すなわち

$$(12) \quad M(e^{v l} / K, (t_0, T)) = \frac{K}{(T - t_0)^{\alpha K}}$$

$$\int_{t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_K \leq T} \frac{(T - t_0)^{v K}}{\pi(t_i - t_0)^v} \pi(t_i - t_0)^{\alpha-1} dt_1, \dots, dt_K$$

$$= \frac{K}{(T - t_0)^{\alpha K}} \frac{\alpha^K}{K} (T - t_0)^{K v} \frac{(T - t_0)^{K(\alpha-v)}}{K(\alpha-v)^K}$$

から得られる。かくして、

$$(13) \quad M(e^{v l} / K, (t_0, T)) = (1 - \frac{v}{\alpha})^{-K}$$

これは、 l が r 分布に従うことを示し、

$$(14) \quad p(l / \alpha, K) = e^{-\alpha l} \frac{\alpha^K l^{K-1}}{(K-1)!}$$

これを基として、「個別の事故」間の α の分散を調べることができる。特に、事故内における α

の不変性は、 (t_0, T) の 2 またはそれ以上の部分区間 (subintervals) を互に比較することにより調べることができる。

その他の代りの方法、例えば、 $\varphi(t)$ が与えられて、

$$\lambda(t) = \lambda(e^{\alpha\varphi(t)} - e^{\alpha\varphi(t_0)})$$

については、読者の検討に委ねる。

Srouer は、Rasch は Weibull の法則を取扱ったが、簡素化のためにそれを削除したと述べた。時間の対数の使用は、2 重に指数的な分布、すなわち Weibull 分布に導くものであり、これは極限值に関する理論の適用である。さらに、区間 (t_0, T) における事故数の確率を導くために Weibull の法則を使用する必要はない。何故ならば、事故の区間は負の指数法則に従いが、事故の過程はポアソンであるからである。唯一の相違は、ポアソンの過程は T で停止し、無限に継続しないということである。さらに、 θ を評価しようとするならば、区間 (t_0, T) 内に少くとも 1 件の事故を有することが必要であり、零項はポアソン分布から除外される。非常に興味のある結論は、時間 T を変数として導入していることであり、これについては特に触れられなかったが、それは恐らくそれが今後さらに検討する問題であるからであろう。

Garwood は、負の 2 項式は「傾向」を示すものであると仮定することは危険であるという点について、Srouer に同意したが、Garwood は、「傾向」という語を用いる必要性を認めなかった。それは、運転者が 2 つの範ちゅう、すなわち「傾向」を有するものと有しないものから成ることを暗示する；もっとも彼は Srouer がこの意味でその語を使用していると言っているのではないと述べた。より満足的なモデルが、他の研究者により採用されているが、それは、各運転者はそれ自身の期待事故率 λ (例えば 1 年あたり) を有し、 λ の値は運転人口にわたった分布を形成すると仮定することであった。1 人の運転者の λ は、一方その運転距離に伴なう (事故への) 危険度 (例えば乗り入れる交通の種類)、又地方その個人特性、運転技術、訓練等の変動の集合結果として、他の運転者の λ と異なり、また、その λ は、年令の効果を示しかつ全面的状況における傾向を含む傾向項を有するものとして考えれば都合がよい。このモデルはさらに、ある一定の λ 値を有する運転者について、ある年に r の事故を有する割合は、このモデルによれば、 $e^{-\lambda} \lambda^r / r!$ であり、さらに予想事故率が $\lambda, \lambda + d\lambda$ の範囲にある運転者の割合が $f(\lambda) d\lambda$ であるならば、その年に r の事故を有する運転者の割合は

$$\frac{1}{r!} \int_0^\infty f(\lambda) e^{-\lambda} \lambda^r d\lambda$$

であると述べている。勿論、このモデルをその仮定のすべてにおいて立証することは不可能であり、またそれら仮定のあるものは適切に修正されるであろう。例えば、ある人が事故に関与する機会は、以前の事故により影響されないというときである。しかし、このモデルのいくつかの結果が観測と大凡一致していることを示すことができるということを知るのは興味あることである。これは、ある保険会社からのデータにより行なわれたもので、それぞれの保険契約者が関与した請求の総数を、この会社との保険期間の長さに応じてグループ別に分類されたものが保険会社から提供された。ある特定の長さについては、無作為に抽出された保険契約に対する請求の数の予測値は、

$$\bar{r} = F \bar{\lambda}, \text{ 及び}$$

$$\sigma_r^2 = F \bar{\lambda} + F^2 \sigma_\lambda^2$$

により支えられ、ここに、 F はその期間の長さ及び異なる期間における外的条件の相違を考慮した係数である。これらの2の式からそれを消去して、 $\sigma_r^2 / \bar{r} = 1 + v^2 \bar{r}$ が得られる。 v は分布 $f(\lambda)$ の変動係数である。保険会社のデータは、分類されたグループの各々に対して、 σ_r^2 及び $\bar{r}$ を計算することができるものであり、上式に一致し $f(\lambda)$ の分布の指定値を与える。 $\bar{r}$ についての $\sigma_r^2 / \bar{r}$ の合理的な線形回帰が得られた。それぞれのグループに対する請求頻度についての負の2項分布を得るために（今まで数多く行なわれたように）の第Ⅲ型分布を用いることは、各グループ及び全部について良好な適合を与える。（J. Inst. Act., 1957, 83 Ⅲを参照。）

第 4 課 題

多變量解析(MULTIVARIATE ANALYSIS)

議長：D. R. COX教授

多次元解析の一方法論

A METHODOLOGY OF MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS

by M.J. Koornstra : University of Leiden

多次元解析の応用は、問題の種類、利用できるデータの形式及び手法上の要件に関し、しばしば方法論的な困難性がある。

基本的に3つの方法に区別される。因子分析モデル ($F.A.$)、正準相関モデル ($C.C.$) 及び判別分析 ($D.A.$) である。これらの3技術は、それぞれ異なった種類の問題に用いられる。因子分析におけるデータ還元、正準相関における一連の変数間の関係の最大化、及び判別分析における観測値のグループ間の判別の最適化のごとくである。これらの手法の適用は、形式的には3つの異なった種類のデータマトリックスに限定されている。それぞれ、分割されないデータ集合 ($F.A.$) 変数により分割されたデータ集合 ($C.C.$) 及び観測値のグループ別に分割されたデータ集合 ($D.A.$) である。

これらの手法は、より一般的なクラスの多次元手法で、これらの手法において必要とされるよりも低い水準の測定に適用されるものの特別なケースと見ることができる。この一般性を示すために、変数の表現と観測値の表現との間の区別及び関係を検討し、ベクトル表現 (この場合、角度は変数と観測値との間の関係に対応する。) と点表現 (この場合、距離が変数と観測値との間の関係に対応する。) との間の相違を説明する。

標準多変量法としての上記手法において、測定の間隔の等しいことが仮定される。今日の手法は、階数順序データ又はカテゴリーデータのみを必要とする低い水準の測定について開発されてきた。これは、類別及び階数順序が計量スケール値よりもさらに一般的な種類のデータである実際の生活状態におけるより現実的な研究に、その応用の範囲が開かれることになる。

本論文は、これらの低水準の測定の多次元解析を、変数間又は観測値間の関係の指数を生ずる関数 (例えば階数相関又は結合についてのなんらかの確率的方法) に関連して考察する。分析モデル ($F.A.$ 、 $C.C.$ 及び $D.A.$) における相違点の相互関係、変数間又は観測値間の関係のベクトル間の角度又は点の間の距離による表現、及び測定的水準 (比、区間、順序、項 (nominal)) が、多次元解析の適用においてガイドとして役立つであろうモデルに統合されている。

交通安全研究への応用における分類別データの多度数解析

MULTIVARIATE ANALYSIS OF CATEGORICAL DATA WITH APPLICATION TO ROAD SAFETY RESEARCH

by M.J. Koornstra : University of Leiden

標準多変量手法は、計量変数と線形関係とを必要とする。実際の事故の研究のような非実験的状況においては、関連変数は、しばしば類別又は階数的に順序づけられ、計量的であることは殆んどない。道路安全研究において、多因子的システムとしての分析の重要さは強調されなければならない。事故は、通常数個の因子の同時作用から生ずる。最近、順序及び類別変数を尺度構成 (scaling) して変数における関連情報の計量表現を達成しようとする問題に関し、数多くの研究が行なわれている。これらの類別変数計量化法は、安全ベルトの種類と傷害部位との間の関係を考察する場合についての種々の例示により、直観主義的基準で説明された。考察された最初の手法は、極大相関条件下において、2つの類別変数の計量化についての基本的分析を検討している。この手法は、さらにいくつかの類別変数について、まず、一般因子の極大化条件下において、次いで多重相関の最大化条件下において、それらの同時計量化に拡張される。類別変数の集合があり、それらが例えば運転者の技能、交通状況の危険等の一般的概念に対する関連変数の定義域 (domain) として見られる場合に、第1の拡張は特に有用である。これらの尺度構成された変数についての因子分析により、このような概念について極大有効かつ信頼性のある定量的測度 (measure) を得ることができる。第2の拡張は、例えば損害だけを伴う事故、人身傷害を伴う事故及び死亡を伴う事故等の数のごとく、興味ある他の何らかの複合変数を予測しうる変数を求めるような状況においては有用である。種々の形式の平面交差に対する効果について、例示が与えられている。技術的、数学的詳細は、付属書に示されている。

道路交通事故（人身事故）の要因分析

FACTORICAL ANALYSIS OF DATA ON ROAD ACCIDENTS INVOLVING PERSONAL INJURY

by M.B. Biecheler and B. Marchal :
Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, France

パリの統計研究所 (Institute of Statistics) の Benzecri 教授の因子分析法, つまり対応 (coorespondences) の因子分析についての説明がなされている。フランスにおける 1965 年の道路交通事故に関するある種のデータの適用例により, このデータ分析法が例示され検討された。

方法の理論面

事故は, 要素(i)の集合 (set) I 及び要素(j)の集合 J により示される。対応 $[f(ij) | i \in I, j \in J]$ の表が集合 $I \times J$ に結合されている。例えば I を種々の種類の車両の全集合, J を運転者の過失の全集合, N を 1 年間に記録された事故数, $n(ij)$ を種類 i の車両の運転者が過失 j を犯した事故の数とすると, 付表は, $f(ij)$ の表である。但し,

$$f(i, j) = \frac{n(i, j)}{N}$$

である。

この形で表示されたデータは, 距離を定義することを可能にする。すなわち, 集合 I の成分間の (また集合 J の成分間の) “ X^2 の距離” で, ある簡単な特性を満足するものである。

- 1) I の 2 つの成分は, それが J の成分と結合される条件付確率が隣接する程度にまで接近している。
- 2) 2 点 i 及び j を一緒にし, それらが i の集合 (masses) 及び i' の集合 (masses) の合計により影響をうける一点と考えられる場合には, I の成分間の距離の系は不変である。かくして, I は X^2 マトリックスが割当てられるユークリッド空間における点雲 (cloud of points) により表示される。

慣性の主軸はこれから決定することができ因子が各軸に結合される。

2 つの因子の抽出は, 集合 I かつ同時に集合 J のグラフ上における表示を可能にする。 I の成分と J の成分との間の有意義な従属関係がこれで明らかになる。

研究中のケースから導かれたいくつかの結論

a) データ

記述した方法を, S.E.R.C. により編集されたパンフレット “道路交通事故” に挿入されてい

る2つの統計表に適用した。これらの表の1つは、車両の種類と運転者側の過失との関係を示すものである。

車両は10の種類に分けられ、運転者の過失は18の種類に分けられている。事故は2つのカテゴリーに分けられている。すなわち交差点内、交差点外である。

F \ V	車 両 の 種 類	
	交 差 点 内	交 差 点 外
運転者の過失	1 ... v 10 f $n(v_1 f)$ 18	11 20

$n(v, f)$ は、事故が交差点内又は交差点外で起った時における、車両(v)の運転者が過失(f)をおかした回数である。

b) 結果及び解釈

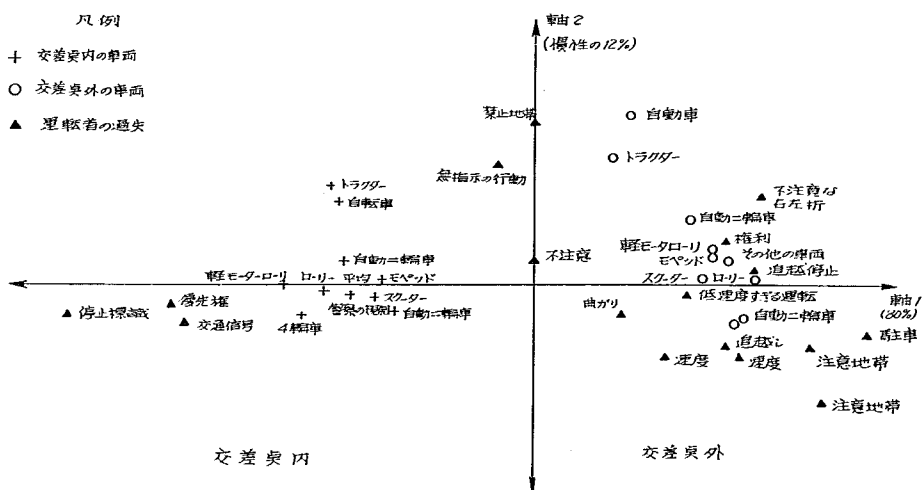
添付のチャートは、車両及び運転者の過失を最初の2つの因子の面に投影したものを示す。(全慣性の92%)

第1の因子は、車両に対し交差点内で起った事故と交差点外で起った事故との間のコントラストを極めて明瞭に示している。

これは、2つの異なった表、すなわち交差点内の事故と交差点外の事故との分析をすることを提起した。交差点内のみに起る過失(警察規制、交通信号、優先権及び一時停止標識の無視)は、表の左側の部分に再分類してある。

第2の因子は、種々の車両についての適当な速度であると説明されている。これらの車両は、速度が大きくなる順に次のように並べている。トラクター、自転車、モーターバイク、軽モーターローリー、ローリー、モペッド、その他の車両、スクーター、乗用車、自動二輪車。

この分析による大凡の類型論は、事故をまず最初に交差点内と交差点外とに分類することを指示



する。より詳細な表を分析することにより、より正確な類型が見出せるであろう。研究は、結果として得られた因子が独立しており、原因として解決することのできるとの結論に達している。

討 論

Marchadier は、因子分析の使用は変数が正規に分布されていることが必要であると述べた。変数は、単純にはユークリッド空間における距離と考えることができる。しかし、ユークリッド以外の距離の概念も試みることができるであろう。

Cox は、Miss Biecheler がその論文で述べた方法を適用するに際しての次元の数の選択についての説明があれば有難いと述べた。

Miss Biecheler は、それは興味のある質問であると答えた。2つの次元において、慣性の80%がしばしば表現される。そうでない場合には、3つの次元が必要である。しかし、その場合2次元グラフの便利さは失われる。

高速道路および地方部道路での事故の評価における在来手法および多度量法の応用

THE APPLICATION OF CONVENTIONAL AND MULTIVARIATE METHODS IN THE EVALUATION OF ACCIDENTS ON MOTORWAYS AND RURAL ROADS

by H. Knoflacher : Technical University, Vienna

道路幾何構造に関する要素や天候及び道路舗装状態のごとき外部因子を一方とし、事故頻度及び事故の重大さ (gravity) を他方とする関係を見出すために種々の統計的手法が用いられる。

従来から用いられている方法について言えば、道路構造の改善措置以前及び以後の事故分布等の決定に用いられる χ^2 法は、よく適合するものである。この方法は、高速道路の個々の区間について速度制限等の効果の良好な決定を可能にするものである。この方法により、道路建設工事の道路安全に及ぼす影響、ならびに高速道路のジャンクションの構造或は道路舗装改良の効果が容易に見出せる。

アメリカの調査と同様に、上記因子間の定量的関係を見出し表現するために、多重回帰式が用いられた。古い道路の場合においては、事故頻度と道路構造との間の立証された統計的關係を見出すことができた。新しい道路及び高速道路に対しては、道路構造の事故頻度及び重大さに対する影響は、それほど顕著には現われなかった。これらの方法により、種々の形式の高速道路の接合点の安全度について評価することができたし、道路構成要素の分類及びそれらの使用が可能となった。

これらの調査においては、正確なデータの収集及び種々の種類の事故及び事故条件の明確な分類に困難があった。従って、ある程度の誤差が起る。事故分析に対し、非常に好適ではあるが未だ全面的に受入れられるに至っていない方法は、新旧高速道路上の事故調査における因子分析である。事故に寄与する多くの因子の中で、事故に最も大きい影響を有するものが決定される。新しい連邦道路に関する道路構造及び道路工学に関する変数では、交通頻度が当然最も決定的な影響を有する。小さな曲線半径、大きな下りこう配、加速又は減速区間のない接合部を有する道路区間については道路構造に関する変数 (road geometry variable) が最も決定的である。この方法の利点は、膨大な量のデータから肝要な因子を決定することができるという事実の主として見出せる。コンピューター処理により、この方法は非常に実際的なものとなった。

オンタリオ地方部における交通事故の統計的解析

A STATISTICAL ANALYSIS OF RURAL ONTARIO TRAFFIC ACCIDENTS USING INDUCED EXPOSURE DATA

by B.R. Carr : Department of Supply and Services, Canada

序 言

事故の危険度についての尺度は、事故率の研究において不可欠な要素である。“車両走行距離”及び“交通量”のごとき尺度は、使用が容易であるが不適な点が多い。本論文の目的は、大量の事故統計から危険度に関するデータを誘導して危険関数（相対危険（ RR ）と称する。）の計算に使用する方法を提案することであり、この方法は、

- 1) 事故の危険に直接関連する危険度の尺度を与え、
- 2) 十分な事故データが利用できるカテゴリーの運転者について危険度のデータを与え
- 3) 適用が迅速、容易かつ安価であり、
- 4) すでに収集された多量の事故データを利用できる利点がある。

方 法

磁気テープに記録されたオンタリオ地方警察の1966年及び1967年の事故記録のすべて（約101,000件）が本研究のデータとして用いられた。（Thorpeの論文(1)に基づく）相対危険法に対する仮定は、次のようである。

- 1) 車両単独事故の責任は、関与した運転者／車両の組合せのみにある。
- 2) いかなる衝突事故においても、関与した最初の2台の車両のみが事故の検討においては重要であるとする。
- 3) 衝突事故に関与したと考えられる2つの運転者／車両の組合せについては、いずれかを“責任のある”組合せ、他のものを“責任のない”組合せという。
- 4) 衝突事故において、任意の運転者／車両の組合せが責任のない組合せとして関与する頻度がその組合せが（衝突）事故の危険にさらされる尺度である。

この最後の仮定は、研究者に責任ある（すなわち事故）母集団と比較すべきコントロール・グループを効果的に与えるものである。衝突事故の場合、このコントロール・グループは、あらゆる環境条件にわたり事故母集団と対として合せ、このような因子をすべてコントロールする。どちらの運転者／車両組合せが責任があり、どちらが責任がないかを定めるためには、記録された警察官の事故記録が用いられた。

統計の相対危険（ RR ）は、運転者／車両カテゴリー i に対して次のように定義された。

$$RR_i = \frac{\text{責任のある母集団における } i \text{ 番目のカテゴリーの発生度数}}{\text{責任のない母集団における } i \text{ 番目のカテゴリーの発生度数}}$$

普遍的カテゴリー（全事故母集団）に対しては RR は 1 であることに注意。換言すれば、任意のカテゴリー i に対して、 RR_i は“平均”運転者／車両組合せに対するカテゴリー i の危険と考えることができる。さらに、 RR_i/RR_j の比は、同一母集団における任意のカテゴリー i 及び j について i 番目のカテゴリーの j 番目のカテゴリーに対する相対危険度を与える。

第 1 図は、車両単独事故及び衝突事故に対する RR と年齢との関係を示すものである。このグラフの $RR=1$ における水平線は、母集団の平均危険を示す。第 2 図は、5 年及びそれ以上の経験の経験カテゴリーにおける RR と年齢との関係を示す。この計算は、危険度と年齢との間の経験により曲げられることのない関係を見出すために、経験をコントロールする試みとして役立つ。衝突事故の場合においては第 1 図（ RR 対年齢）において観察されたのと同様な RR の急激な上昇が高年齢において見られるが、若年者によく見られる高い危険は、それほど強くは示されていない。

他のグラフ（図示せず。）は、全年令にわたり男性運転者と女性運転者との間に重要な相違はないことを示している。 RR 対経験のグラフは、危険は年齢と共にほぼ指数的に減少することを示している。しかし、アルコールは、非常に強く高い事故率と関連している。

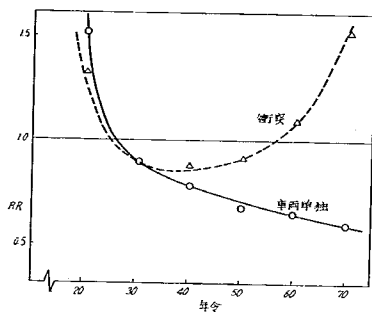


図-1 RR 対年齢

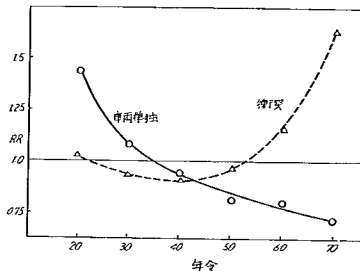


図-2 RR 対年齢（運転経験-5年）

結 論

RR 手法は、特に仮定を組み立てるためのものとして有用である。例えば、対策及び教育計画の有効さは、実験の対象となった事故における危険率の減少（すなわち、“責任のある”事故から“責任のない”事故への移行）を、母集団の残りと比較試験することにより調べることができる。

参考文献

1. Thorpe, J.D., 危険露出を定めない相対事故関与率の計算, 「交通安全」, 第Ⅺ巻, 第1号, 3-8, 1967.

討 論

Koornstraは、事前／事後の研究の方法論を論じた。彼は、Knoflachner の報告において実験に対しコントロール・グループが用いられていないことに注目し、それらを用いずに実験グループについての結論を引き出すのは危険であると述べた。しかし、かりにコントロール・グループが導入されたとしても、コントロール・グループでなく実験グループに発生した相違を、テスト中の条件の変化に帰するのは誤りであろう。その例は、Garwood の報告によりすでに与えられている。問題は、条件が見掛け上変らなかったときにおいてすら、データに可変性があることであった。Koornstraは、事前／事後の研究に次の方法を提案した。(a)実験グループとコントロール・グループとをできるだけ同じように選定する。(b)実験グループ及びコントロール・グループの両方において、 n “事前”期間及び n “事後”期間 ($n \geq 2$) について測定する。(c)共分散分析を行なう。さらに、(d)変化による分散が“事前”及び“事後”シリーズ (series) 中における分散よりも有意義的に大きいかどうかを調べる。有意義な結果が見出される場合、何らかの結論を出すのは可能である。シンポジウムに提出されたいかなる研究も、このような方法を用いていないので、Koornstra は、それらの結論は受入れ難いと認めた。

Garwood は、英国の道路研究所は、数年前に、事故に関与した運転者の統計を少しく用いて、運転者を非難させるべきか否かにより分類したことがありと述べた。統計は事故の原因に密接に関係づけたものであり、多くの主観的要素が導入されていたので、その結果を真の相違の決定的証拠であると思ふことはなかった。しかし、これらの制限があったにしても、結果はCarrにより得られたもののいくつかと同様であった。かくして、何らかの種類の過失のために非難されるべき運転者の数が、1年令グループにおいて、その年令グループの運転者で、ゆがめられるところなく事故に関与したものの数の分数として表わされる場合には、その結果得られる率は、一般に若年運転者及び年令目盛りの他端において高かった。予想される1つの例外は、病気又は身体の欠陥に帰せられる事故の場合に、直線は顕著に上昇するということであった。(道路安全に関する研究, H. M.S.O., 1963, p.119 を参照のこと。)事故原因に関する意見についての統計は、英国においては収集されなかった。

Garr は、その方法に関するGarwoodの懸念をもっともと認めた。しかし、この方法は迅速簡単で、データの詳細な調査を行なう前の予備検討として行なう値打のあるものであると述べた。

Mela は、Carrの方法は、現在我々が費用の点から得ることのできない危険度の情報を詳細に得る可能性を与えるものであるから、潜在的に非常に有用なものと見られると述べた。アメリカの道路安全局 (National Highway Safety Bureau) は、危険度の情報を得るための調査を請負わせている。これらは、“校正”のための手段として用いられるであろう。すなわち、警察官の高年者よりも若年の運転者を非難する傾向等による偏向を除去することが可能であろう。Carrの報告を読んでから、MelaはCarrの方法を危険度の調査に関連して使用してみようとした。理想は分類の誤りにより、また、特に実際の事故は両方の運転者が過失のある場合から両方の運転者が過失のない場合までを含むものであるから、責任のある運転者と責任のない運転者との誤差が導入されるかについての推定を得ることであろう。

Cox は, Carr に, 回帰分析において得られた 0.586 という低予測確率と, Carr の図面から見出されるどちらかと言えば明瞭な結論との間の明らかな相違についての説明を求めた。

Carr は, 0.586 は使用するには少々低きに過ぎることに同意した。

第3課題及び第4課題に関する総括討論

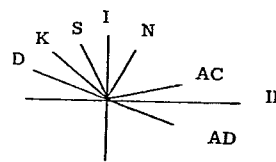
Garwood は, 因子分析の概念を理解することができないと述べた。回帰は, 多少とも直接的に, 少なくとも理論上はコントロール可能な変数についての方針決定に導く。彼は, 因子分析の結果について同じ種類の解釈をすることは難かしいと認め, それがこの種の結果に導くのかどうかを尋ねた。

Allsop は, 因子分析の使用法のいくつかを説明した。因子分析は, より精緻にされた回帰法にすぎない。それは変数がベクトルとして剰余化される座標系を与えるものである。

Koornstra は, 例を示した。6つの変数について, 2次元因子の解があると仮定する。 N を事故の数, S を速度, K を運転キロメートル数, AC を車の寿命, AD を運転者の年齢とする。多重回帰により事故数 N を予測するとする。いずれか1つの独立変数が使用されるとすると, 最善のものは間違いもなく S である。2つの変数を使用するとすると, 最善のものは S と AC とである。その理由は, 両方とも N と相関しており, 互に直交するからである。かくして, S の N に関する情報は AC に関連していない。また, AC の N に関する情報は S に関連していない。しかし, もしなんらかの理由で独立変数 K を第1番に選ばなければならないときには, それに付加されるべき第2番目の変数は, S でなく AC であるべきである。もし K 及び AC がすでに含まれている場合には, S の寄与は無視できる。すべてこれらの結論は, やみくもに多重回帰を行なう前に, 因子分析の手段により一度に見分けられる。因子分析と多重回帰との間のこの密接な関係は, その両方が同じ相互マトリックスに基づくものであるから驚くにはあたらないことである。

Wolman は, 回帰手法を論じた。その適用においては, 基本的な仮定が考慮されなければならない。推論が正しくあるためには, 従属変数は正規に分布しており, 独立で共通の分散を有していなければならない。基本的回帰関係の形式について仮定をしなければならないということが理解されるべきであり, そのときに回帰分析は

モデルの媒介変数(パラメーター)を推定し, 或は仮説を試す手段を与えるものである。回帰分析は, 原因と効果との関係を設定し, 又は立証するために用いることのできるものではない。これらの点を Gustavsson による報告の第1図及び第2図に適するとき, 速度制限は事故を減少させるという結論は, Wolman にとっては決定的でないように思えた。



第 5 課 題

国際比較(INTERNATIONAL COMPARISONS)

議長：IR. E. ASMUSSEN

道路交通事故統計の国際比較

INTERNATIONAL COMPARISONS OF ROAD ACCIDENT STATISTICS

by J.P. Bull : Birmingham Accident Hospital, UK

道路利用者の分類を明確にしていない道路交通事故の全般的な統計は、事故にさらされている人間、車種別の自動車の割合が国によって非常にちがっているため、国際比較をする上であまり役に立たない。この論文では、利用可能なデータについて基礎的な解析を行なったものである。これは行動を起すべき方向を示すものであり、また、さらに研究を進めていくべき分野を明確にするものである。

4 つの大きな国

たまたま同じような人口を持つヨーロッパの4つの大国がある。フランス、西ドイツ、英国およびイタリアがそれである。これらの国は、人口49百万人から58百万人の国である。最初の3つの国の自動車台数は同じ位であり、イタリアはこれらの約2/3程度である。4つの国の人口の和はアメリカの人口と同じ位であり、また、交通事故による死者数の合計もアメリカの数字と同じ程度である。アメリカの死亡者の2/3は自動車利用者であり、歩行者の死亡者は1/5以下である。ヨーロッパでは1/3づつが、夫々自動車利用者、歩行者、二輪車である。（図-1）

道路交通事故の死亡の基準として最も一般的に使われているのは事故後30日以内の死亡である。上記の4ヶ国の中で2ヶ国はちがった基準をつかっている。これらの数字を30日ベースの数字に適切に修正されている。（運輸省、1968）

歩行者

歩行者の死亡事故はそのほとんどが自動車（一般には4輪以上の車）との衝突によっている。しかし、台マイルあたりの危険度を考えると、公共輸送車両や二輪車は歩行者にとってはより危険なものである。（Smeed, 1968）これらの事故の半分以上は市街地（built up area）で起るものであり、そのほとんどは歩行者が道路を横断中に起るものである。これは、少なくとも飽和状態に達した道路上では、危険度は総自動車台数に大きく影響されるかという疑問を起こさせる。実際には人口百万人当りの歩行者の死亡率が適当な指標であろう。（表1および図-2）この数字は異なった国の平均的な歩行者の危険度を示す簡単な意味あいをもっている。最近数年間のこれらの指標の傾向を見ると、フランスとイギリスの数字は非常に似かよっており、また、たまたまアメリカの指標ともよく似ている。（百万人当り47）。ドイツの数字はこれらの国の数字の約2倍となってい

る。全ての国において、老人の危険度は大きくなっている。例えばイギリスについていえば、65才をこえる老人は全人口のわずか $\frac{1}{8}$ であるのに対し、歩行者の死亡者は全体の $\frac{1}{2}$ であり、このことからこのグループの危険度は平均の約4倍あるといえる。

モペットと自動二輪車

フランスではイギリスの約10倍のモペットが使われている。ドイツとイタリアはその中間にある。百万台当りの死亡者で表わされる危険度は、イタリアとドイツが比較的高く、フランスとイギリスはかなり低いということが言える。国によって使われているマシーン(machine)の種類は非常に違っており、また、免許制度もちがっている。マシーンの違いによる危険度、事故を起した運転者の年齢や経験の度合による危険度について研究してみる必要がある。イタリアには約200万台の自動二輪車があり、フランスとドイツはこれの約 $\frac{1}{5}$ である。イギリスはこれらの中間にある。1964年には4つの国全部が自動二輪車百万台当り死者約千人という値を示している。これは他の自動車に比べて最も高い危険度を示しており、これらの車が比較的行走距離が短いということを考慮に入れるとその危険度は一層きわだってくる。モペットや自動二輪車の危険度が非常に大きいということが、ヨーロッパの全事故件数が、ヨーロッパより車は多いが自動二輪車が比較的少ないアメリカと同じ位の件数になっているという主な原因になっている。

前述したエンジンの大きさによる危険度の相違を調べるには、モペットや自動二輪車の大きさ別の統計が必要である。残念なことに1964年以来ECE(ヨーロッパ経済委員会)の統計では、これらの機械の大きさごとの台数は報告されていない。

自動車利用者

フランス、ドイツ、イギリスはそれぞれ約1千万台の自動車を保有している。イタリアはその約 $\frac{2}{3}$ である。ドイツ、フランス、イギリスにおける自動車利用者の死亡者は自動車の増加とともに増えてきており、全体の交通事故死亡者の $\frac{1}{3}$ 以上にのぼっている。イタリアでの最近の自動車利用者の死亡者は、自動車の増加ほどには増えていない。比較するのに都合のいい指標は、自動車百万台当りの自動車利用者の年間死亡者数である。(表-1と図-3)。1台当りの平均乗車人員、すなわち危険にさらされている人数(乗員)は国によって異なるであろう。1つの重要な変数は、年間の1台当りの平均走行距離である。これらについての使える範囲の資料によると、ドイツの自動車が最も長距離を走行しており、イギリスやイタリアの車はドイツの約 $\frac{2}{3}$ に相当する距離を走行している。フランスの場合は、これよりいくらか小さい。ドイツが4ヶ国の中で最も高い危険率を示しており、フランスが接近してこれに続いている。もし1台当りの走行延長を考慮に入れたとすれば、フランスの1マイル当りの危険度はドイツのそれを越えるであろう。この2つの国の数字はイギリスの値の約2倍の大きさである。全ての西欧諸国では、自動車の利用は今後も急速に広がるであろうから、このような姿が本当の姿なのかどうか、もしそうなら我々が行動を起すべき分野を明確にし、さらに詳しい調査を行なうことが重要である。

諸外国との比較

歩行者および自動車利用者の危険度の指標がいくつかの他の国についても得られている。(表-1) 自動車台数の大きい国の中で、スウェーデン、ノルウェー、オランダは歩行者の死亡者が比較

表1 相対的な危険度についての指標

歩行者 死亡者/人口(百万人) (平均値 = 67)		自動車利用者 死亡者/自動車台数(百万台) (平均値 = 539)	
オーストラリア	108	ユーゴスラビア	1901
西ドイツ	103	スペイン	1039
ポルトガル	94	ポルトガル	871
フィンランド	82	ポーランド	840
ベルギー	77	ベルギー	795
スイス	74	オーストリア	773
フランス	64	西ドイツ	679
イギリス	59	フランス	612
デンマーク	58	フィンランド	545
イタリア	49	オランダ	530
オランダ	49	イタリア	478
ノルウェー	46	スイス	417
ポーランド	46	デンマーク	414
スペイン	40	スウェーデン	348
スウェーデン	38	ノルウェー	339
ユーゴスラビア	38	イギリス	262
ハンガリー	29		

的少ない。ドイツと同じような高い事故率はオーストラリアに見られる。予想されるように、スペイン、ユーゴスラビア、ポーランドのような自動車台数の少ない国では人口百万人当りの歩行者の死亡者は比較的少ない。しかし、逆は必ずしも正しいとはいえない。非常に大きい自動車台数をもつスウェーデンでは歩行者の事故率は低い。人口密度も歩行者の危険度と直接関係してはいない。

自動車利用者の死亡者についての指標では、オーストラリア、ドイツ、ベルギーが高い値を示している。(図-3) スウェーデン、ノルウェー、イギリスはこの種の統計が使える国の中では最も低い値を示している。人口に比べて自動車台数の少ないユーゴスラビア、スペイン、ポルトガルのような国は自動車利用者の危険度が高い。人口千人当りの自動車台数に対しても道路延長当りの交通密度に対しても単純な相関はないように思われる。

これらの指標をゆがめる1つの条件としてある国を車で訪れた人の死亡は、自動車の登録は起点の国に属するにもかかわらず、その事故の発生した国に含められることである。このことからスイス、オーストリア、スペイン、イタリアなどの国はいくらか多めに数えられるし、その他の国では少なめになってしまう。適当な統計的な処理によってこういうゆがみを除去することが出来るし、他の国からの運転者によぼす道路交通環境の影響について有効な指摘ができる。

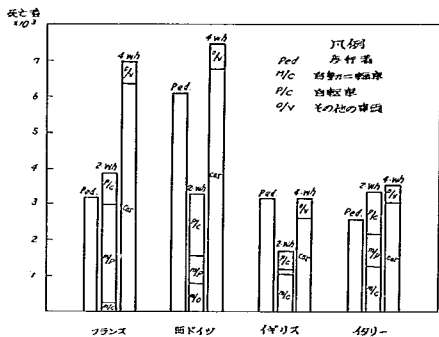


図-1 ユーロッパの4ヶ国における道路利用者別の死亡者数(1966)

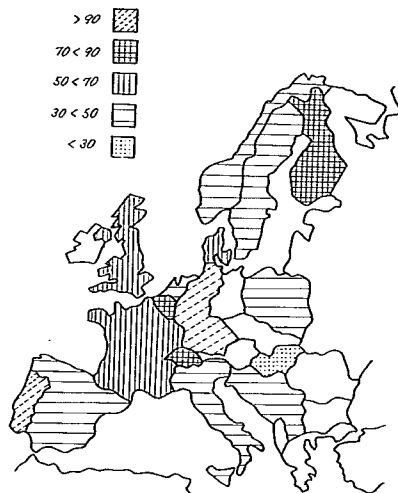


図-2 歩行者 死亡者/人口(百万人)

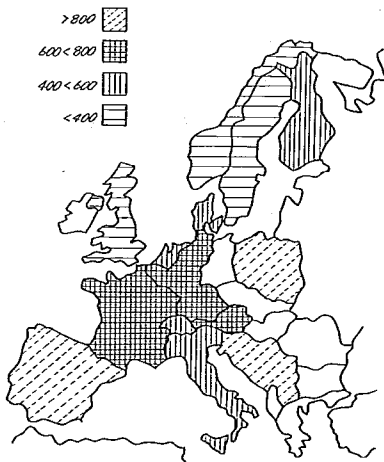


図-3 自動車利用者 死亡者/自動車台数(百万台)

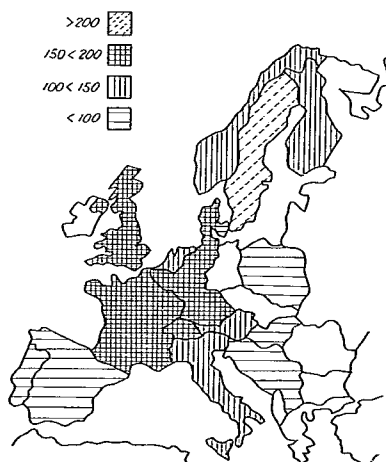


図-4 自動車利用者 死亡者/自動車台数(百万台)

各国におけるモータリゼーションのちがいが交通事故 死亡者数に及ぼす影響

THE EFFECTS OF CHANGES IN MOTORISATION IN VARIOUS COUNTRIES ON THE NUMBER OF ROAD FATALITIES

by R.J. Smeed and G.O. Jeffcoate : University College, London

人口、自動車台数および道路交通事故による年間死亡者数は、登録自動車台数当り、あるいは人口当りの死亡者数についての国際比較を行なうためにしばしば使われてきた。しかし、このような比較には多くの難かしい点がある。国によって死亡、負傷、登録自動車台数の定義が異なっており、また同じ国でも時期によって定義がかわることがある。

この問題については、最近、論文(1)で述べられており、詳しくはこの論文を読みたい。全般的に、そこで述べられていることは繰返さないが、この論文では、それにデータを補強し、さらに解析を行なっている。

基礎となっている論文で、事故発生と死亡との時間的なかんかくについてのデータを取りまとめているが、これにいくつかのデータを追加してプロットしたのが図-1である。この図からわかるように、ある時間内において死亡した人の比率をあらわした点は、対数目盛に時間の流れをプロットするとほとんど一直線になることがわかる。非常に短時間のものや長時間の数字を換算するのは困難である。統計に格付けするために、事故直後に死亡したか、1時間以内に死亡したものの統計はひっくるめて「即死」としてグループ分けした。長時間の方は、ECE（ヨーロッパ経済委員会）が推めるように30日（720時間）以内に死亡した人だけを含めると好都合である。

図-1から6時間（ $t > 1$ ）以内に死んだ人の数は、 $+b \log t$ で表わされるということがわかる。もし、720時間以内に死んだ人だけに限定すると、 t 時間以内に死んだ人の割合 $P(t)$ も次の式で表わされる。

$$P(t) = X + (1 - X) \frac{\log t}{\log 720}$$

従って $P(1) = X$ および $P(720) = 1$

この式は、最初の時間と720時間以外の最後の時間を使うなら、簡単に応用することができる。

この式が有効である範囲内において、事故後 t 時間から $t + dt$ 時間の間に死んだ人の数は、 dt に比例するし、また、 t_1 時と t_2 時の時間の間に死んだ人の数は $\log \frac{t_2}{t_1}$ に比例するということができる。従って、1時間から720時間の間の死亡者の幾何級数的な増加の度合は等しい。たとえば、事故後1時間～2時間、2時間～4時間、4時間～8時間、8時間～16時間のそれぞれの死亡者は等しい。

表1および表2では、実際の観測値とこの式から予測される値とを比較している。

一般に、英国とアデレードの分はよく適合しているが、ドイツについては、式で得られる7日以後の死亡者数が過大にでてくる傾向がある。ブリスベーンの場合は、式で得られた値は、8時間以前については実際の値より小さく、4日以後は大きくなっている。後者の説明として、広い範囲にわたる医療サービスがなかなか困難であるという理由をあげることができよう。

各国における道路交通事故による死亡者数

参考文献(1)では、ある国における自動車の登録台数当たりの死亡者数 (D/N) と人口あたりの自動車登録台数 (D/P) の関係を16ヶ国のデータから関連づけている。20ヶ国の1938年のデータをもとにして、1948年に求められた式 $D = 0.0003 (NP^2)^{\frac{1}{3}}$ に、最近のデータ(1957～1966)を当てはめてみると、非常によく適合する。さらに各種の資料(参考文献2, 3, 4,)から、次のような68ヶ国のデータが使用できる。

1 アデン	2 アンティガ	3 オーストラリア	4 オーストリア
5 バハマ	6 バルバドス	7 ベシュアナランド	8 ベルギー
9 パーミューダ	10 英領ギアナ	11 英領ホンジュラス	12 セイロン
13 キプロス	14 デンマーク	15 ドミニカ	16 フィジー
17 フィンランド	18 フランス	19 ガンビア	20 ガーナ
21 ジブラルタル	22 イギリス	23 カナダ	24 香港
25 アイスランド	26 インド	27 イラク	28 アイルランド
29 イスラエル	30 イタリア	31 ジャマイカ	32 日本
33 ケニヤ	34 レバノン	35 ルフセンブルグ	36 マラウイ
37 マラヤ	38 マルタ	39 モーリシャス	40 オランダ
41 ニュージーランド	42 ナイジェリア	43 北ボルネオ	44 ノルウェー
45 ニアザランド	46 ポーランド	47 ローデシア	48 サラワク
49 シンガポール	50 南アフリカ	51 スペイン	52 セント・クリストファー
53 セント・ルシア	54 セント・ビンセント	55 スワジランド	56 スウェーデン
57 スイス	58 タンガニーカ	59 タンザニア	60 トリニダード・トバコ
61 チュニジア	62 トルコ	63 ウガンダ	64 アメリカ合衆国
65 西ドイツ	66 ユーゴスラヴィア	67 ザンビア	68 ザンジバル

図-2では、 D/N と N/P の値を示し、20ヶ国の1938年のデータを使って見出された関係式が30年後でも有効であることを示している。68ヶ国のうちの5つの国、すなわちジブラルタル、サラワク、北ボルネオ、インドおよび南アフリカについては、推定による死亡者数に対する実際に記録された死亡者数の比が0.5と2の範囲外にある。

推定の精度を上げるために、人口密度の影響と、1963年のアメリカの各州のデータを使って調べた。図-3では、推定値に対する実際の死亡者の比 D/E は1平方マイル当りの人口 (P) が増えるに従って、小さくなり、大体 $D/E = 0.5P^{-0.2}$ という線をあてはめることができる。この傾向は、純市街地では、負傷者に対する死亡者の割合が他の地域に比べて小さいという事実にも一致する。しかし、多くの国について、それに相当するデータをプロットしても、そういう明確な関係は見られない。

参 考 文 献

1. SMEED, R.J. : Variations in the pattern of accident rates in different countries and their causes. *Traff. Engng & Control* 10 (7), 364-71.
2. BULL, J.P. : Birmingham Accident Hospital.
3. VON HANDEL, K. : *Zentralblatt fur Verkehrs-Medizin, Verkehrs-Psychologie*, 1962, 8 (2), 97-100
4. JEFFCOATE, G.O. : The time that elapses between a fatal road accident and death resulting therefrom. Unpublished report UN/310/GOJ of the R.R.L.
5. ROBERTSON, J.S. and J.I. TONGE : Duration of survival in traffic accident fatalities. *Medical Journal of Australia*, 1968, 2 : 571 (Oct 5).
6. Variations in the pattern of accident rates in different countries and their causes. Reports submitted to the 9th International Study Week on Traffic and Safety Engineering, Munich 1968, by Australia, Austria, Belgium, France, Great Britain, Hungary, Israel, Italy, Netherlands, New Zealand, Poland, South Africa, Sweden, Switzerland and United States of America.
7. SMEED, R.J. : Some statistical aspects of road safety research. *J. Roy. Statist. Soc., Series A (General)*, 1949, 112 (1), 1-23.
8. GREENWOOD, M., W.J. MARTIN and W.T. RUSSELL. : Deaths by violence, 1839-1937. *J. Roy. Statist. Soc.*, 1941, 104 (2), 146-63. Amended by population figures in "Annual Abstract of Statistics". No. 104 1967. H.M.S.O.
9. SMEED, R.J. : Methods available to reduce the number of road casualties. *Internat. Rd. Saf. Traff. Rev.*, 1964 12 (4), 5-18, *Traff. Engng. & Control*, 1964, 6 (8). 509-12 523. *Surveyor*, 1964, 124 (3775), 32-4, 37.

表-1 事故から死亡までの経過時間による死亡者の分布

英 国
死亡者数

バーミンガム地区					ホーナム郡		
経過時間	全道路利用者		歩行者		経過時間	全道路利用者 実測値 (a)	歩行者 実測値 (b)
	実測値	予測値	実測値	予測値			
0-6	273		112		1		
6	33	29.7	12	15.0	2	46	20
12	19	29.7	11	15.0	4	50	28
24	55	47.0	29	23.9	8	46	20
72	40	36.3	20	18.4	16	41	14
168	58	62.3	32	31.6	32	44	16
720						49	19
計	205.0	205.0	104	103.9	64	52	31
χ^2	6.28(4 d.f)		0.9(4 d.f)		128	46	25
p	0.18		0.6		256	35	13
					512		
					計	409	186
					予測値は全て $45 \frac{4}{9}$ (a) 及び $20 \frac{2}{3}$ (b) $\chi^2 = 4.2(8d.f)$ $\chi^2 = 14.9(8d.f)$ $p = 0.8$ $p = 0.06$		

表-2 事故から死亡までの経過時間による死亡者の分布

西ドイツおよびオーストラリア
全道路利用者死亡者数

ドイ ツ			ブ リ ス ベ ー ン			ア デ レ ー ド		
経過時間	実測値	予測値	経過時間	実測値	予測値	経過時間	実測値	予測値
1	60	61.8	1	153	108.1	1	42	41.5
3	42	39.0	2	169	108.1	2	62	41.5
6	75	77.9	4	135	108.1	4	43	41.5
24	39	39.0	8	44	63.3	8	21	24.3
48	34	22.8	12	120	108.1	12	39	41.5
72	72	47.6	24	104	108.1	24	45	41.5
168	27	39.0	48	62	63.3	48	32	41.5
336	10	22.8	72	37	44.9	96	26	33.4
504	7	16.2	96	24	34.8	168	63	65.8
672			120			504		
計	366	366.1		34	52.5	計	373	372.5
			168	89	171.4			
			504					
			計	971	970.7			
$\chi^2 = 34.7(8d.f)$			$\chi^2 = 116.2(10 d.f)$			$\chi^2 = 13.9(8d.f)$		
p < 0.0001			p < 0.0001			p = 0.09		

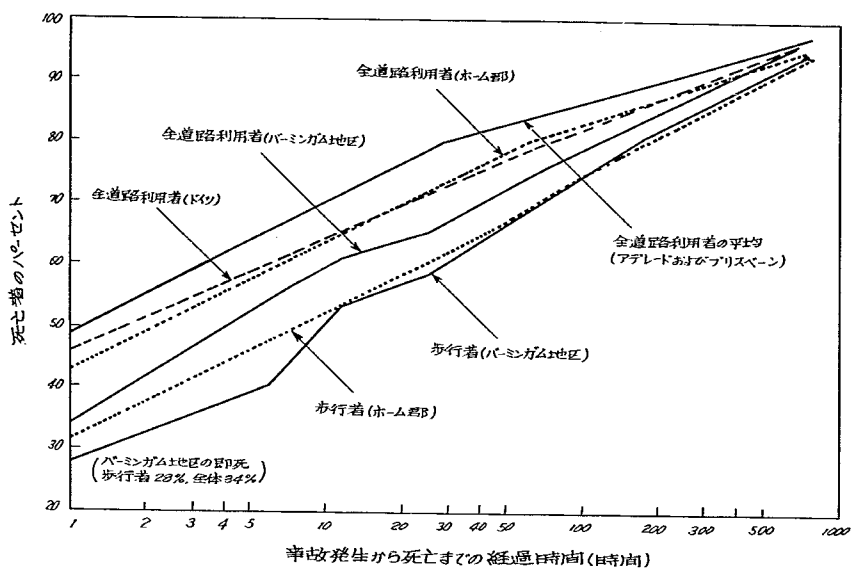


図-1 事故後の経過時間内の死亡者数の比率

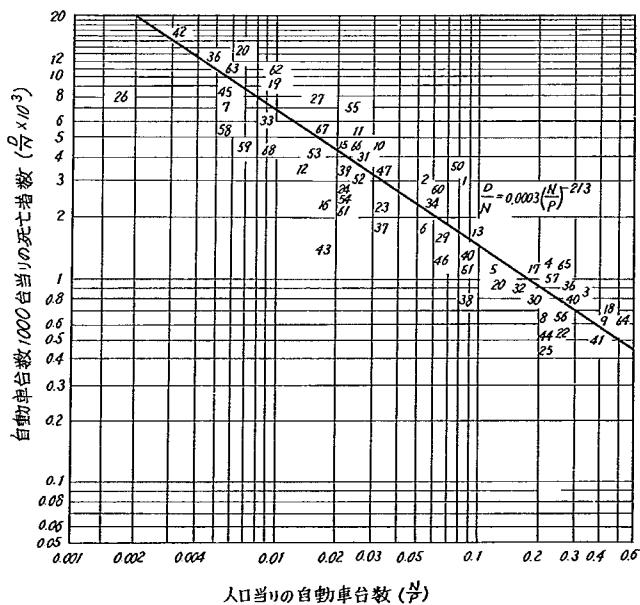
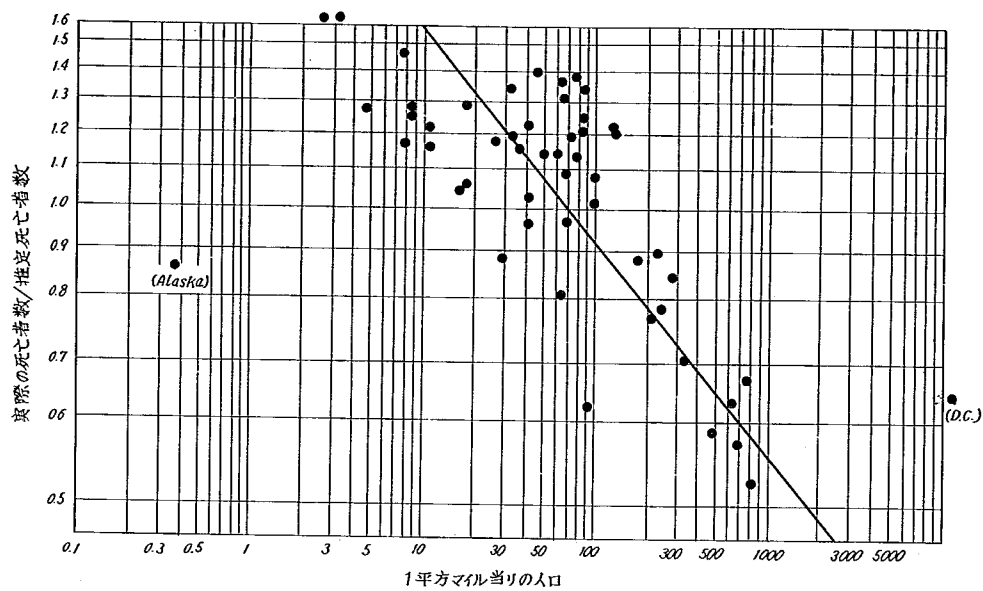


図-2 68ヶ国における自動車1台当りの死亡者数と1人当りの自動車台数との関連
(1960～1967年の間で各国で利用できる最も新しい資料を使った)



図ー 3 人口密度が死亡事故に及ぼす影響（1963年アメリカ合衆国の各州の資料別）

最近の交通事故の情勢に関する ECMT(ヨーロッパ 運輸大臣会議) の第 2 回報告

SECOND REPORT OF THE COMMITTEE OF DEPUTIES ON RECENT TRENDS IN ROAD ACCIDENTS, E.C.M.T.

by A.H. Watson : Ministry of Transport, United Kingdom

序 言

1965 年 6 月の運輸大臣会議の理事会において、メンバー国における最近の交通事故の傾向を分析して、2 年おきに報告すべきことが決定された。この問題についての第 1 回のレポートは 1966 年の 5 月に理事会に提出されたが、そのレポートでは 1955 年から 1964 年までの事故を扱っていた。この報告は、これに続く第 2 回のレポートであり、再びイギリスの代表が報告者となった。

1965 年および 1966 年についての追加資料を得るために、質問書をメンバー国に配布した。質問は前回のもと同じであるが、1955 年、1960 年、1965 年および 1966 年については、(a)夜間の死傷者数、(b)年令別の死傷者数の追加データも提出するよう求めた。

この研究では、第 1 回の報告の結論と、1964 年以降の事故の実態とを見比べ、これらの結論をさらに進めたものである。

第 1 回報告からの結論

(i) 1961 年から 1964 年までの全体的な姿としていえることは、ほとんど全ての国において、交通事故による死亡者および負傷者が増加していること、また、その増加も時間の経過につれてより一般的になっているということである。1964 年までは、前年に比較して死傷者数が減った国は 1 つもない。ただ、17 ケ国の内 1 ケ国だけは死亡者数が減ったことがあった。

(ii) 死者および傷者の絶対数は増加したけれど、登録自動車台数(千台)あたりの率は、ほとんどの国で減少する傾向にあった。しかし、1964 年は例外的に、約半数の国において死傷率が増加したが、これはおそらく北西ヨーロッパでの夏の異常な好天気続きで、1 台当りの走行延長が大きくなったことによるのであろう。

(iii) 車両台数あたりの死傷者数が減少する傾向は、おそらく四輪自動車の比率が増え、傷つきやすい自動二輪車やスクーターの比率が減少していることが大きな理由であろう。また、いくらかは、車両の種類別についての死傷者率も若干減少(自動二輪車やスクーターについての率は増加する傾向にあるが)していることに因るのであろう。

(iv) 1955 ~ 64 年の間は、四輪車以上についての車両(千台)あたりの死傷者率は全般的にほとんど変化がなかった。

(v) 1955年から1964年までにわたって、歩行者の死傷者数は大きく増加したが、ほとんどの国で車両台数の伸びに比例するようには増えてはいない。歩行者の死傷者数の相対的な減少は、各国で行なわれた各種の安全対策や、危険な道路に対する歩行者の慣れに起因するのであろうとしている。

(vi) 自動車利用者の死傷者数がほとんどの国で著しく減少しているが、これは恐らく利用される自転車数が減少していることに因るのであろう。

(vii) メンバー国全体の1966年における全死傷者数について、2つの予測値(1.82百万人および1.85百万人)が示された。

メンバー国

オーストリア	オランダ
ベルギー	ノールウェイ
デンマーク	ポルトガル
フランス	スペイン
西ドイツ	スウェーデン
イギリス	スイス
アイルランド	トルコ
イタリア	ユーゴスラヴィア
ルクセンブルグ	

各国について、死亡者数の比率の変化、死亡者数または負傷者数の比率の変化を1962年から1966年の各年について、また、1966年については、道路利用者の種類ごとの死傷者数の比率が計算されている。

1961年を100としたときの1964年および1966年の指標が、モペット、自動二輪車およびスクーター、四輪自動車、その他、合計について出されている。

1966年については、同じ基準に基づいて、全道路利用者、歩行者、自転車利用者、モペット利用者、四輪自動車利用者、自動二輪車およびスクーター、およびその他の車両について、死亡者および全死傷者数の指標が出されている。自転車利用者のほかは、車両1000台あたりの同じような比率(四輪自動車の場合は、四輪自動車1000台あたり、歩行者の場合は、人口百万人あたり)についても計算されている。

1961年から1966年にわたる多くの基礎資料が附属資料で表になっている。

市街地地区および非市街地地区

市街地地区の死傷者数の伸びの方が大きいということの説明としては、次のようなことが考えられる。

(i) 歩行者および自転車事故は、主として町で起っており、都市部の事故のかなりの部分を占めている。歩行者および自転車利用者の全死傷者数は減ってきているが、あるいは自動車の事故よりは、はるかにゆっくりと増加している。

- (ii) 交通の量および速度が都市部より地方部の方がより急速に増加している。

暗 さ

夜間の死傷者数の比率が増加しているという傾向がみられたが、英国を除いて、その伸びは小さなものであった。

運 転 者 の 年 齢

若い運転者の事故率は、運転者の平均年令のそれよりもかなり高いことは、多くの研究で示されている。一般的には、25才以下の運転者の死傷者の率が、増加し続けてきているが、これは多分このような若い人の運転者の数が増え続けていることによるのであろう。車両あたりの自動車利用者の死傷率は、多くの国で減りつつあることから、さらに効果的な安全対策、安全な車、よりよい道路に向って進めなければならないと結論づけることができる。

この報告の結論は次のようなことである。

(a) 自動車利用者および自動二輪車、スクーター利用者の両方についての車両あたりの死傷者数は、最近ではほとんどの国で減少しているという例外を除けば、第1回報告の全般的な結論が確認された。

(b) ECMT各国における交通事故死亡者は1964年の約63,000人から1966年には約66,000人に達したが、これはほぼルクセンブルグ市の人口に相当する大きさである。

(c) 1965年および1966年における全死傷者数に占める交通事故死傷者数の比率の増加は、一般的に1964年ほど重大ではなく、1962年および1963年の増加と似たようなものとなった。

(d) ほとんどの国について、死傷者の内最も大きな比率を四輪自動車利用者が占めており、多くの国では、その値が50%を越えている。最近の死傷者数の増加の大部分が、四輪自動車利用者のものである。

(e) 1961年から1966年までの間、全車両台数は平均して年8%程度の伸びを示した。四輪自動車は約13%である。

(f) 同期間における全死傷者数の年平均増加率は、約2.5%であった。

(g) 四輪自動車利用者の死傷者数は年平均約11%の割合で増加しており、歩行者死傷者数は、約4%である。

(h) 自動二輪車、スクーターおよび自転車利用者の死傷者数は大きく減少した。

(i) 死傷者が増加したほとんどの国では、その増加は、非市街地においての方が大きいという傾向がある。

(j) 25才以下の自動車運転者の死傷者数の比率が増加するという顕著な傾向があった。

(k) 国別に、高い車両密度（人口1人当りの車両台数で表わされる）は、低い登録自動車台数あたりの死傷率と相関している。このことは、モータリゼーションが進んだ国ほど、運転者の技術や交通安全についての認識、さらに交通安全対策もより進んでいることを示しているものであろう。

(l) 住民百万人あたりの歩行者死傷率とその国の市街地域の比率とは正の相関があるようである。

(m) ECMT各国の1968年の死傷者数は、効果的な新しい交通安全対策を施したにもかかわらず、1966年に比べて平均して10～13%高くなっていると推定される。

(n) この分野でより効果的な作業をするためには、メンバー各国は車両の種類別の年間走行距離を推定するために必要な手続きをとることが望ましい。

道路交通事故率の国際比較

INTERNATIONAL COMPARISON OF ROAD ACCIDENT RATES

by L.A. Foldvary : Australian Road Research Board

1963年のUNOのデータにより、次のような記号を使っていくつかの解析を行なった。

F = 交通事故死亡者数

P = 人口

V = 登録自動車台数（原付自転車を含むものと含まないものと定義がある）

U = 都市人口（1000人以上の住民がいる居住区に住んでいる人口）

WHO（世界保健機構）は1966年におけるオーストラリアの F/P は他の国よりも高いということを発表した。WHOは各国における $Y = 10^4 \times F/V$ と $X = 10^2 \times V/P$ との関連を調べ、 $\log Y = 2,117 - 0.88 \log X$ という曲線を求め、オーストラリアの値は、この曲線から期待される値より少し大きいとしている。

V/P の値が大きいということに加えて、オーストラリアは、 U/P の率も大きい。たとえば、住民の多くは都市部に住んでおり、図でも示しているように、 F/P は U/P とはっきり相関があり、このことからオーストラリアの F/P がいくらか大きいことが説明できる。

また、1億台マイル当りの自動車利用者数についてものべているが、これによるとオーストラリア5.77に対してアメリカは4.34であるが、このことはアメリカの側からみると、オーストラリアに比べてモータリゼーション率（ V/P ）が高いこと、都市集中度（ U/P ）が低いこと、フリーウェイの延長が大きいこと、道路の規準、交通規制の水準が高いことなどがあげられる。

討 論

Asmussenは、討論会を開くにあたり、国際的な比較は非常に価値のあることであるが、誤って用いられてはならないと考えた。

Smeedは、国際的比較は実験的にコントロールできない多数の因子の事故率におよぼす影響を調べることを可能にするということについては同意見であると述べた。例えば、人口100万につき歩行者の死亡者数は、モータリゼーションの程度により大きく影響されることはなかったし、国際的比較は、このことを示すのに役立つ。モータリゼーションの程度は、国の間で64の係数で変わり、1人あたりの歩行者事故率は僅か4の係数で変化した。さらに、高度のモータリゼーションの国は、必ずしも高い歩行者事故率を持つものではなかった。

Bullは、事故に関する研究において、想定実験分野が1つの国と他の国との間の顕著な相違点

であると考えた。

Rapoport は、次の3点を提起した。

(a) 歩行者の被害を調べる際には、車両の密度と同様に歩行者の密度を考慮することが重要である。歩行者事故がモータリゼーションの程度に較べて遅れているが、それは、一部モータリゼーションの増大に対する歩行者密度の減少により説明されるものであろう。

(b) 異なった国における危険な行動 (risk-taking) の査定において、危険な行動はその国の特性例えば生活水準と交通密度との両方に依存するものであることに留意しなければならない。車両密度の低い国における高い歩行者事故率は、このことを示すものである。

(c) 死亡率 (事故率に対比するものとして) は、現在まだ十分検討されていない2つの因子、すなわち、車両あたりの乗客の分布および被害者に対する応急手当の迅速さおよびその質に依存するであろう。後者の因子の重要さは、地方と都市とにおける死亡率の相違により示されている。この相違は、また勿論都市および地方における車両速度の分布の相違により一部説明されるべきものである。

Smeed は、歩行者密度についてほとんど調査が行なわれたことがなく、また、この調査は困難であろうと述べた。彼は、モータリストが危険をおかす度合いは、交通量により大きく影響されるということに同意した。

Bull は、危険な行動については、検討したことがあるし、さらに検討してみたいと考えていると述べた。歩行者の危険な行動は、年令とともに急激な変化を示した。

Johnson は、Bull は人口および車両数がほぼ同じ4つの国について事故率の比較を示し、全経験において相当な相違があることを指摘したと述べた。その説明を求めようとした際に、国により顕著な相違を示す他の多数の変数を取扱かわなければならないという問題があった。できるだけ多くの特性を対変させようとして、ある程度主観的に選定された類似の町や道路区間について、広汎な研究を行なうのは何を期待しているのか。

Smeed は、小さな地域についての研究は望ましいことに同意した。

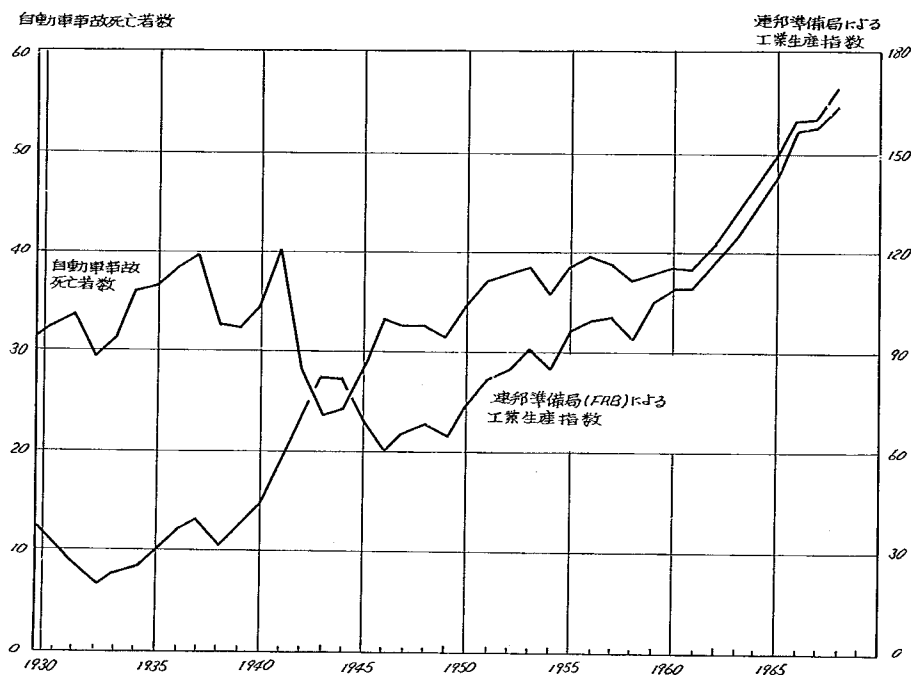
Asmussen O.E.C.D. は多分援助することができるであろうと考えた。

Moore は、事故率の大きな相違への寄与という点から、観光はどの程度に重要であるかと質した。彼は、運転者のそれら自身の国でなく他の国においての事故率も考え得られることを指摘した。英国の道路システムとヨーロッパ大陸の道路システムとの間の重要な相違は、"Priorite a droite (優先権)" の規則である。

Smeed は、約100万人の英国人が1年に2週間あるいはその時間の4%を、大陸において自動車を運転して消費していると大凡見積った。これは事故率にはほとんど影響を与えない程度であると、彼は考えた。

Mela は、観光についてのこれまでの発言は、車両走行距離のデータを収集する必要性を強調するものであると述べた。しかし、彼は、観光の影響は比較的小さいとの Smeed の発言は、アメリカにおける自動車死亡事故を居住していた州および発生した州別に示す公表数字により支持されていると考えた。相違は比較的小さかった。しかし、全死亡率に影響を与える他の因子が車両走行距

離と密接に関連していた。これは経済活動の水準であった。添付図は、アメリカにおける全自動車死亡事故を、一般に経済活動の指標と認められている、「連邦準備局工業生産指数（Federal Reserve Board Index of Industrial Production）」と比較したものである。40年の期間にわたり、非常に密接な対応があり、アメリカにおける主な景気後退を反映している。ただ、燃料の配給割当が行なわれ、自動車生産が停止された第2次世界戦争の間に、グラフは異なった傾向を示している。Mela は、経済状況の変化および変動が、人口および車両密度を用いた「予測」事故線からの分散の相当部分を説明するものと考えた。



図ー7 アメリカの自動車死亡事故と工業生産指数との比較

Asmussen は、そのことはオランダにおいても同様であると述べた。

Kritz は、Mela に同意し、事故頻度に関連づけられる車両／走行距離を記録する必要性を強調した。そうでない場合、国際的な比較は、不揃いな結果を与えるであろう。Kritz は、さらに続けて「報告書 (Reports)」に示された事故の数字は、スウェーデンに追従しているものであると述べた。彼は、スウェーデンにおいては、私有自動車の大部分および2輪車両のほとんどは、1年の約5ヶ月間は使用されないという事実注意到喚起した。

Carlquist は、前日の多変量分析による事故の考察と国際比較において用いられる非常に簡単な方法との間の対照を注目した。例えば、Smceed の比較は、僅か2つの独立変数すなわち人口と車両数とに基づくものであった。その他のすべての因子、例えば危険にさらされる度合いは無視されている。

Carlquist は、このようなアプローチは事故の問題にそれ以上の情報を与えるものでないと感じた。彼がこれらの比較をすることについて認め得る正当性は、ただ(a)新しい仮説を形成することで、それらは勿論吟味されなければならないものであり、また(b)本質的には研究者の仕事ではないが、方針決定の助けとなることであった。彼は、これらの比較により過去 10～20 年の間に何が得られたかを質問した。全問題のより良き理解に導くどのような結論が引き出されたか。

Bull は、数字をグラフの線および式にあてはめることは、どのような措置がとられるべきかということに対しては助けとなることのないものかもしれないと述べた。彼は、比較することのできる同質の郡を定める必要性を重ねて述べた。彼は、直ちに検討すべき問題をその報告書の終りの部分に含め、比較の主な価値は、大きな相違が見られ、その相違を説明することにより何らかの新しい真実が見出せるであろうことであると考えた。

Smeed は、国際的比較が道路事故問題の理解を助けるものであれば、それは有用であると述べた。理解は行動のために不可欠のものである。

Jacobi は、国際的比較の価値は交通、車両および道路使用者の性格の相違により限定されると考えた。それにも拘わらず、このような比較は必要である。新聞が時に行なう間違った、あるいは皮相的な結論には対抗しなければならない。

Kogane は、国際的比較を行なう際には、交通および方針の変更を考慮に入れることが必要であると述べた。例えば、日本における車両あたりまたは居住者あたりの歩行者事故の数は、モータリゼーションの過程において減少してきている。Kogane は、2つの理由があると考えた。その1つは、人々が自動車事故に慣れてきて慎重になってきたことであり、もう1つは、方針の変更、例えば歩行者安全施設の改善、および政府がしなければならなかった規則に変更であった。地域別の比較において、東京、大阪のごとき大都市は、地方よりも低い事故率を示した。車両の数が急速に増加している地域においては、歩行者の事故率は非常に高い。これは、恐らく上記2つの因子を反映するものであろう。同じことが国際的比較についても言えると思う。

Munden は、国際的比較については慎重でなければならないと述べた。同様な比較を英国の地域間で行なうことができ、恐らく同じような相違を見出すであろう。Munden は、事故および事故率の変化は重要であると考えた。例えば、1961年と1966年とを比較すると、西ドイツにおける自動車使用者の事故率は、自動車1000台につき31から26.6に低下し、スイスにおいては22.5から13.6に低下した。これには何らかの理由があるのか。英国においては、新しい安全措置がしばしば導入されたが、それらの効果を測定しうるコントロール(因子)を見出すことは困難であった。

第 6 課 題

資料収集(Data Gathering)

議長：IR. E. ASMUSSEN

道路交通事故のインタビュー調査

INTERVIEW INVESTIGATION OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

by P.O. Roosmark and R. Fräki : Statens Vagninstitut, Stockholm

序 言

公式の事故統計によれば、スウェーデンでは毎年、警察に届けられる交通事故が約 6000 件起っている。しかし、この数字は全事故件数の 1 部にしかすぎないことは明らかである。

警察に報告された事故についてのデータは、各種の交通安全の調査の基礎資料として使われるから、警察に報告される事故と全体の事故との関係について、もっと詳細な情報が必要となる。

この問題を明らかにするために、ストックホルムのスウェーデン国立道路研究所は、方法論的研究ともみることのできるインタビュー調査を実施した。

サンプルについて

母集団は、スウェーデンの国勢調査のために登録された、1895 年から 1948 年までの期間に生れた全ての人を対象としている。個人はサンプル単位として選ばれた。1964 年の国勢調査票が母数 (frame of reference) として使われた。ランダム抽出はセルフ・ウェイティング (self-weighting) ランダムサンプルにより 2968 名を抽出した。

このインタビューに使われた質問書は、インタビューを受ける人が 1963 年から 1964 年の間に経験した交通事故についての質問からなっている。このインタビューは、1965 年の春に実施された。

道路交通事故とは、次のような事故であると定義された。

- (a) 公道で起ったもの
- (b) 人身傷害かまたは物損を起したもの
- (c) 少なくとも 1 台の車両が関連しているもの

人身事故とは、何らかの治療が必要な負傷者を出した事故と定義された。

メモリー函数 (memory function) によるチェックで、1964 年に起った事故だけが、警察に報告されていない物損事故を含めた事故の解析に使うことができることを示している。その他については、問題にしている両年のデータを使用することができた。

結 論

1964 年にスウェーデンで起った道路交通事故の推定合計値は 110,000 件の駐車事故を含めて

388,000 件であった。この合計値と 59,000 件、すなわち同年に公式の統計で発表された警察に報告された事故件数にもとづいた数字と比較しなければならない。

この合計値は、警察に報告された約 66,000 件の事故、保険会社に報告された約 180,000 件の事故および警察にも保険会社にも報告されなかった約 200,000 件の事故を含んでいる。

図-1 は、人身事故および物損事故の頻度で、警察に報告されたもの、保険会社に報告されたものおよびどちらにも報告されなかったものをそれぞれ表わしている。

公式の統計で示されているような、警察に報告された事故件数とこの調査によって得たものとを比較した。この比較の結果、警察からスウェーデン中央統計局に報告された事故件数は、今度の調査から推定される数値と非常によく対応している。

図-2 では、地方部と都市部でのそれぞれの人身事故件数や物損事故件数と公式の事故統計から得られるそれに対応する数とを関連づけている。もしそれぞれの値が等しければ、それらの比は同一の値に等しくなるであろう。

人身事故の推定事故件数は、中央統計局に記録されているそれに対応する数値よりはるかに大きい。この結果は注目すべきことである。警察に報告されなかった人身事故件数は、10% の信頼水準で、公式統計の値の約 50% 程度の大きさである。

物損事故についても、推定値の公式統計に対する比は、もちろん、都市部においてと同様地方部においても、同一の値に等しくはない。地方部と都市部について、人身事故および物損事故のこれらの比を比較してみても、明確な相違はみられない。

事故件数は、事故形態に関してさらに推定された。図-3 では、地方部における人身事故および物損事故別の単 1 要因の事故の比率を示している。単 1 要因の事故は、自動車事故および自動二輪車の事故を含んでいる。このインタビュー調査をもとにして推定できる地方部での単 1 要因事故の比率は、公式統計に示されている比率より約 2 倍大きい。

事故の費用を計算するために、修理に要する費用についての情報が必要である。そこで、インタビューを受ける人は、他人の所有物、たとえばフェンスや衣類の損害のためにこうむった直接経費と同様、この事故による自動車の修理費についてたずねられた。

図-4 は届けられた事故の比率と 1 件当りの修理費の関係を示している。この費用は対数目盛で表わされている。保険会社に届けられる事故の比率は、修理費が高くなるにつれて増加する。この費用が 200 ドルを越えると、実質的にはほぼ 100% の事故が届けられている。警察に届けられる事故の頻度は、修繕費が 100 ドルを越えないかぎり、全体的にはあまり変化はない。費用がこの値を越えるようになると、届けられる事故の比率は増加していき、最終的には、修繕費が 400 ドルを越すと約 50% のところでコンスタントとなる。警察に届けられる事故の比率は、修理費の面ではかなり大きな事故に対して、非常に低いということが顕著であるとみなすことができる。

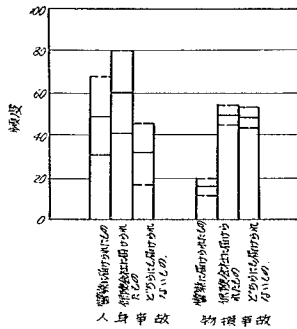


図-1 人身事故および物損事故頻度
(警察保険会社に届けられたもの、どちらにも届けられなかったもの) 破線は95%信頼区間を示している。

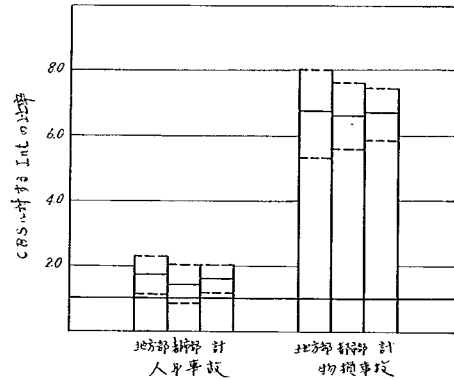


図-2 インタビュー調査をもとにして推定した地方部および都市部における人身事故および物損事故件数(Int)の中央統計局に記録されているそれぞれの事故件数(CBS)に対する比 破線は95%信頼区間を示している。

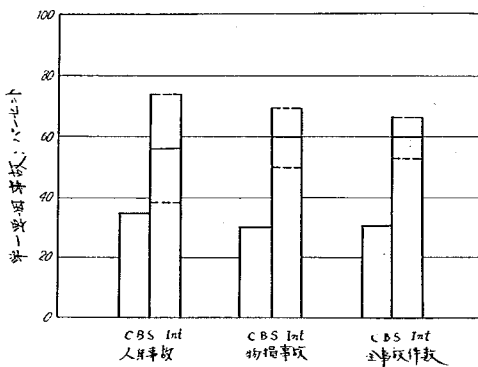


図-3 地方部での人身事故および物損事故のうち単一要因事故の構成比率の比較-中央統計局によるもの(CBS)とインタビュー調査によるもの(Int) 破線は95%信頼区間を示している。

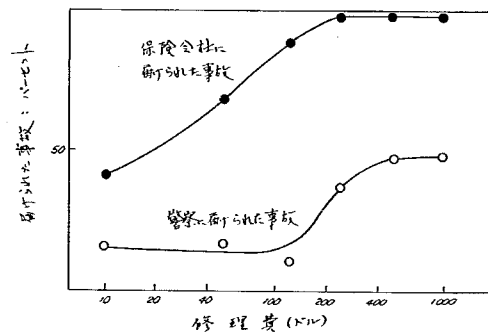


図-4 届けられた事故の比率と1事故あたりの修理費との関連 費用は対数目盛で示している。

運転者からの事故記録の収集

OBTAINING DATA FROM DRIVERS ABOUT THEIR ACCIDENT RECORDS

by D. Sheppard : Road Research Laboratory, U.K.

序 言

道路研究所 (RRL) は全てのタイプの道路利用者についての研究を行っており、これには歩行者、自転車利用者および子供についての研究も含んでいるが、多くの研究は、運転者や運転、(その中における事故を起したり、交通違反を犯した運転者を明確にする必要があるか)をあつかっている。

交通事故に関する情報源としては、警察、保険会社、修理屋、運転者自身などがあるが、これらの情報源の相対的な利点を考えるのも価値のあることであろう。違反の詳細については、警察、免許行政当局 (licensing authority) および運転者自身から知ることができる。

各情報源の長・短所

1 警 察

警察は、当該管轄区域内における死亡事故および負傷事故の大部分と、物損事故のうちの1部分についての記録をもっている。ほとんどの事故は、運転者自身の住居の近くで起すのであるが、現状では、運転をしている全ての地域について、個々人の運転者の記録を集めるというのは、大変な作業である。

2 保 険 会 社

RRLでは、年令や運転経験が事故におよぼす影響、運転者数に対する損害賠償請求率の分布等を調べるために交通事故および損害賠償請求率についてのデータを使ってきたが、(1), (2), (3), 個人が明確になるようなデータは、仲々使わせようとはしない。自動車の大きな損害を起した事故のいくつかは、賠償請求がないことによる特別配当金がなくなるのを恐れて、または保険料があがるのを恐れて報告されていない。さらに車両のうち若干のものは、保険をかけていない。

3 修 理 屋

事故にあった車両が、スクラップのようなものでも、とても修理できないと思われるものでもあるいは、ちょっとした損傷を受けたものであっても、それらは修理屋に持ち込まれるというのはいり得ることである。多くの自動車を扱う会社では、自分のところの修理工場で修理するけれど、大部分の自動車の修理は、個人の小さな修理屋で行なわれている。

修理屋に、自動車所有者の名前や修理費の記録を保存することを期待するのであるが、多くの修

修理屋で、その事故が自動車の修理が必要であったかどうかを記録したり、修理の内容を記録しておくことは、ほとんど不可能であろうと思われるし、また小さな修理屋は、記録を長く保存しているとは思われない。また、もし1台の車を複数の人が使っている場合には、その事故を起した時に運転していた人を1人だけ修理屋で記録しているということはあるまいであろう。

修理屋がそのお客についての情報を喜んで出してくれることがわかったとしても、いわゆる顧客は住居から遠くはなれて起ったものでも持ち込むであろうし、また、約10%の人は年に1回転居している。このように各個人の事故記録を追跡する方法は、全く根気のいるものである。

4 運 転 車

事故や違反について、誰よりもよく知っているのは勿論、運転者その人である。彼は、その事故の大きさ、原因などの詳細をよく知っているし、質問の際欠くことのできないその他の情報、例えば、彼の運転の範囲、運転していた日時と場所、運転の経験年数などは、運転者自身からでなくては、得ることができない。もし、社会経済的な状態、人間性、態度、知識、視力等のデータが必要となれば、これらについても運転者自身から集めざるを得ない。その他の利点としては、正確な運転者のサンプルが比較的得やすいし、また彼等に質問をする人をわりにみつけやすいということが挙げられる。

質問に答えられる運転者の範囲に一定の限度がある。事故で即死した人からはデータは得られないし、事故の結果、重傷を負った運転者、健忘症にかかった運転者、違反に問われて拘置所に入れている運転者、または裁判中の運転者から情報を得るのは容易なことではない。

サンプリングには、免許証記録を使うことができるが、これには、無免許の運転者の記録がないという欠点がある。(1967年におけるイングランドとウェールズでの無免許違反件数は59,960件である)⁽⁴⁾これに代るものとして、選挙人名簿を使って世帯を選ぶという方法があるが、これにも、21才以下だけの家庭や英国市民以外の家庭はこの名簿にのっていないという欠点がある。インタビューをする人が訪問する時、運転者が病気であったり、不在であったりして、うまくいかないかもしれない。

一般的な常識に反して、熟練したまた経験の豊富なインタビューアーのインタビューに対しては個人的な質問、例えば年齢、収入などについては拒絶される場合もあったが、わずか2%位しか拒絶されなかった。勿論、完全に記憶していないとか、情報を与えるのをしぶるというような理由で、これらの情報が必ずしも正確でないというのも事実である。

適切な情報源の利用

道路研究所の委託でリーディング大学が行なった研究では、1つの情報源では完全ではないので、出来るだけ多くの情報源を使うようにした。しかし、運転者によって情報源の正確さが異なるような場合は、特に、不完全な情報を埋め合わせることは困難である。

しかし、情報源の価値はあがるであろう。運転免許関係の記録は、その他の必要な情報とあわせて中央のコンピューターに入れられる。警察は、データ管理に増々電算を使用しており、今後の警察の統合化によっても、さらに促進されるであろう。

運転者の記憶、協力の度合、真実性が、時がたつにつれてよくなるという理由はどこにもないが、インタビューにおいてのこれらの問題に対処する技術は進歩するであろう。

運転者のグループがあるということは、個人にとって、自分がやった危険な行動を打ち明けるのに、彼が交通安全についての「専門家 (expert)」(警察官など) と思っている人から尋ねられるよりも、簡単にできることがあるだろう。1人について2〜3時間行なうような、いわゆる「深層インタビュー (depth interview)」の利点は、普通の形のインタビューから得られるよりは、はるかに多くの情報を引き出すことができることである。できるだけ一般的な方法で、固定された一連の質問をするようなインタビューは、運転者を説得して事故や違反についての情報を引っぱりだすにはあまり効果がないようであるが、しかし、そのような方法でも、厄介な質問をする方法はいくらかでもある。

リーディング大学の研究や、規制についての筆者の研究で示しているように、上手なインタビュアーが、交通安全についての一般的な観点からあまり攻撃的でないような質問から切り出して、質問される人と接近をはかると、多くの人は彼らの事故や違反についてわりと自由に話してくれるものである。

将 来

最も完全な情報源は運転者自身であるから、研究時間を運転者から彼の事故や違反について正確な情報を引き出すための最もよい方法を見出すために使うというのはもっともなことである。最近のミンガンで⁽⁵⁾の研究によると、事故についてのある独立した情報と、過去12ヶ月の間に起した事故について若い運転者から得た情報とを比べてみると、90%が一致していることを示している。外の研究では、何度も事故を起したことが分っている、1度も事故を起してないという人が何人かいることは、しばしばあり得ることであることを示している。しかしながら、研究目的からいえば、運転者を、事故(または違反)をあまりおこさないグループと、かなりおこすグループに分類でき、そのグループの間に必要な相違がはっきりあれば、グループ別におこした事故および違反件数を正確にたずねなくても、十分に正確なものである場合が多い。

筆者は、独立した情報源から事故を起した運転者を選び、彼らに前述したいくつかの技法をつかって、その技法の効果が比較できるぐらいの数について質問をするような研究を行なうことを計画している。このような方法で、運転者から彼等の事故や交通違反について得られたデータの正確さをよりよく知ることができ、また、このような質問をする形の最も効果的な方法を見出すことができると思われる。

参 考 文 献

1. DAWSON, R.F.F. : Cost of road accidents in Great Britain. R. R. L. Report LR79, 1967.
2. JOHNSON, N.L. and GARWOOD, F. : An analysis of the claim records of a Motor Insurance Company. J. Inst of Actuaries 83 (III) 365, 1957.
3. MUNDEN, J.M. : Some analyses of car Insurance Claim Rates Astin bulletin II part II, 1962.

4. Home Office. : Offences relating to motor vehicles in 1967. London, 1968.
5. PELZ, D.E. and SCHUMAN, S.H. : Dangerous young drivers. Highway Research News, No.33, 31-41, 1968.

台一マイル調査からの方法論的考察

METHODOLOGICAL LESSONS DRAWN FROM A VEHICLE MILE SURVEY

by L.A. Foldvary : Australian Road Research Board

調査の目的

この論文は、オーストラリア道路研究所が、オーストラリアのクイーンズランド州（面積：1,728,000 km²，道路網194,000 km，1961年現在人口：150万人）を対象として行なった郵送による交通調査について述べている。この調査の目的は、一般的な交通に関する情報、特に各種の事故率を計算するために必要な走行延長を得るためのものである。

方 法

全ての車両に、登録の期限がきれるのを知らせるため、その5週間前に発送される督促状の中から、サンプルとして1日100台を選んだ。この選ばれた手紙の中に次のことについての情報を得るための質問書を同封した。

- 所有者の住所
- 車両の種類、メーカー、型式および年式
- 将来のある1日の行動の詳細（出発時刻、走行距離、運転者の年令および性別、目的および乗員数）
- 商業車の場合は、積載および空車時の走行距離、積載重量

配達の流れが考えられるので、調査を実施する日は、例えば、「質問書を受けとった次の木曜日」というようにした。

適当なサンプルの規模の選択については、特に標本を層別したさいに、最も小さなものでも事故率が正確になるように慎重に考慮した。分類は、 $3 \times 3 \times 2 \times 6$ の小区分とすれば、十分に詳細な結果が得られるであろうと考えた。

すなわち、

- 自家用車、小型商業車、大型商業車 (3)
- 大都市、地方都市、地方部 (3)
- 運転者の性別 (2)
- 運転者の年令 (6)

必要最小限度の区分の全体に対する比は、外のデータ（国勢調査、OD調査などを含む）から見出され、与えられた例でのこの比の値は、それぞれ10%、34%、16%および8%であった。3×

3×2×6の小区分の内、最も小さい区分の全体に対する比は $\frac{1}{2270}$ （独立していると仮定して）であった。しかし、この方法は十分正確なものである。また、サンプルの大きさが小さくても、近接した小区分をまとめることによって、必要最小限度の大きさに基づく統計を得ることができる。

関連した問題として、母集団パラメーターがかなりな精度で推定できる程度の実際の標本の大きさ（考えている多次元マトリックスの全ての項について）を決めるという問題である。ここで採用した原則は、サンプル数が10以下の場合には、個々の事故率を計算するのには使わないこと。および10から28の間の場合には、計算して出した事故率は注意して扱うこととした。小さな数字としては、前述した2270を乗じた値で、これから最適のサンプルの大きさ22,700が得られ、このことから、1年間で1日100枚の質問書を郵送することが決定された。

この調査は、1年半以上にわたり、また回答しない人に対しては、4ヶ月を選んでさらに督促状を送ったこともあって23,694の返事があった。督促一回答の資料は、修正項（correction factor）を応用することを可能にした。残った片寄りを取り除く方法は、次の報告で述べることにしたい。

回答をしない人に対しては、全期間を通じて1.2度手紙がだされ、また、もし回答率が86%を維持すれば、回答数は最適な標本の大きさとなる30,000に達することが期待されると推定した。事故率の分子と分母の統計的な信頼度を適当にバランスさせるためには、この数字はまた、事故数とつりあっていることが要求される。実際に27,892件の事故が使えるのであるが、ほとんどの分析は、必要となる程度の精度と信頼度の範囲で行なった。事故率の変化を示した図（その内の2つを以下に示している）では、分子が分母の標本数のどちらかが10未満であったり、分子、分母とも10から29の間にある場合は削除している。

回 答 率

3つの質問の形式が使われた。A型とB型とは、A型では車両登録番号を書かせるようにしたが、B型ではそれをしなかった所が異なっている。最後の1つのC型では、一般的な質問の外、より個人的な質問、例えば、所有者の職業、自動車を使用しなかった日はその理由、到着時間等を書かせるようにした。

A型とB型は約半年以上にわたって、1週間おきにかわるがわる発送したが、予期に反して、Aの平均回答率（33.7%）Bのそれ（30.3%）に比べて常に、また有意性をもって上回っていた。

C型の回答率（40.3%）は、A型よりも明らかに高かったが、季節的な影響を考慮に入れると、残った相違には有意性はなかった。これらは、調査の回答率について各種の要因分析を行なった結果の一部である。この調査から実際的に得た結論の1つは、調査対象者に対して若干の個人的な性格をもつ質問をすることを恐れてはならないということである。

事 故 率

例として図-1および図-2を選んだ。図-1はブリスベーンの男の運転者について、年令別の人身事故と走行距離およびその結果としての事故率を、また、図-2では、大都市、市街部、地方

部別の各種の事故率をあらわしている。曲線に非常な規則性と相似性（特に若い運転者の高事故率について）があることに注意しなければならない。

その他の図では、曜日別、時間別の事故率の相違、乗員数が事故率におよぼす影響などを示している。

参 考 文 献

1. FOLDVARY, L.A. : A Method of Traffic Survey in Queensland; Design and Application, 1963. Australian Road Research, Dec., 1963.
2. ROETZ, I. : Accident Rates and Annual Mileages Travelled Under Rural Conditions. National Institute of Road Research, South Africa, 1966.

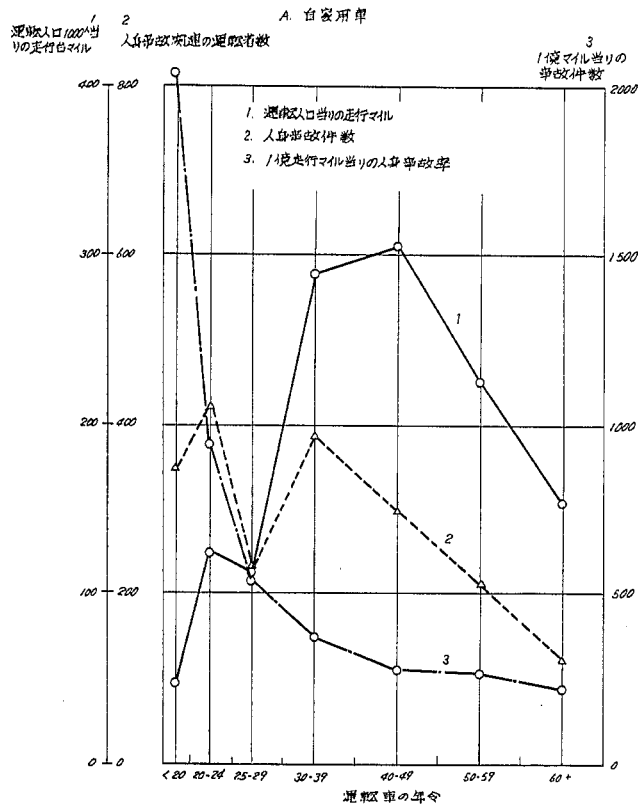


図-1 男性の運転者、ブリスベーン市街地区 1961

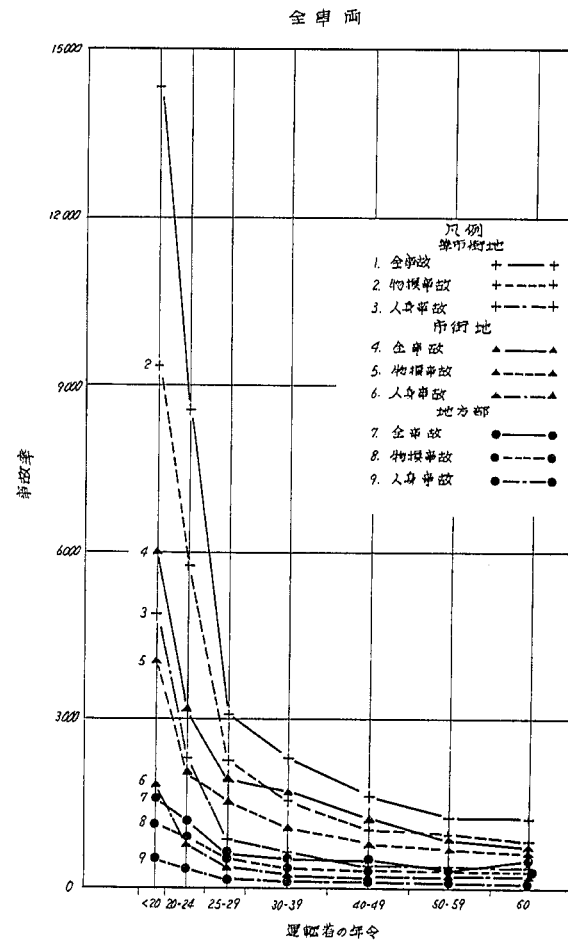


図-2 1億マイル当りの事故件数(男性の運転者)

年齢別、被害別の市街部、準市街部、地方部の
事故率、クイーンズランド 1961

事故原因を究明するためのドイツの自動車保険に関する記録の評価とその評価に応用された二相法 (Two-Phase Method)について

EVALUATION OF THE RECORDS OF GERMAN MOTOR
INSURERS FOR THE PURPOSE OF IDENTIFICATION OF
THE CAUSES OF ACCIDENTS, AND ON THE TWO-PHASE
METHOD APPLIED FOR THIS EVALUATION

by E. Jacobi : Allianz Insurance, Munich

ドイツの自動車保険会社は、事故原因について大規模な統計をうまくいかすため彼らの事故に関するファイルを分析することとした。

この計画は1969年1月1日に発足した。事故解析の対象として、その日以後自動車保険会社に提出された、あらゆる人身事故についての損害賠償の記録が取りあげられた。公式の統計の定義に基づいて、入院加療が必要な人を重傷と考えた。

記録の統計的分析は137の基本的な質問と、特に事故の形態に関する304の質問に基づいている。分析は、原則として損害請求の届出がなされた9ヶ月後に行なわれる。質問書はコンピュータ化された自動車保険連盟に送られる。その結果は専門家によって解析され出版される。

各質問は4つの基準に基づいて作成された。

- 1) 質問は事故防止の目的にかなった適切なものでなければならない。
- 2) 保険についての記録は、関連する質問について信頼できる情報を与えなければならない。
- 3) 質問に対する答は、代表的な性質をもったものを得るという見通しがなければならない。
- 4) 質問書に対する答には十分な時間の余裕が必要である。

上記の選択基準によって、1ケース当りの質問の数を、要求される情報の望ましい包括的な性質に影響をおよぼすことなく、ある範囲まで制限することができた。

事故に関連した道路利用者の挙動についての情報だけではなく、自動車の技術的な欠点、道路の特性、環境条件等のその他の事故要因と考えられる情報にも特に注意した。

代表的なサンプルを得るという要求に応ずるために数学が応用された。いくつかの省の要求も取り入れ、関係するグループとの協同で、質問の選択と質問書の作成を行なった。

関連する要因についてより理解を深めるため、二面法 (two-phase method) を応用することとしている。すなわち、最初の分析の結果としてできた重要な要素で、かつ、さらに研究を進めるべきものは、以前にコンピュータ化されたケースの代表的ないくつかに基づいて専門家によってさらに調査されるであろう。

自動車の安全についての特別研究はすでに発足している。

討 論

Asmussen は、議長として討論会を開き、データ収集は道路事故研究において非常に重要な段階であると述べた。彼は、討議されるであろうと期待しているデータ源として4つを挙げた。すなわち、(a)特殊な研究、(b)警察記録、(c)保険会社記録、および(d)病院の記録である。

Harper は、Roosmark の報告に関し、4つの疑問を提起した。

(a) 駐車事故とは、公道上に停止して放置された車両が関与する事故をいうのか、あるいは車両が公道を離れてその旅行の終りに駐車してあることに関連する事故をいうのか。

(b) 他の報告に、車両単独衝突の激しさは車両衝突よりも大きいと述べられている。Roosmark の報告は、実際にはそうでないことを示している。2台の車両が衝突した場合、通常どちらかが責任はないと主張し、警察に事故報告をして、自身を法的に守ろうとするのはあり得ることである。車両単独事故においては、運転者が責任はないと主張することは遙かに稀である。従って、起訴を避けるために、できるならば事故現場から離れる。しかし、その負傷が甚だしく、あるいは致命的である場合には離れることができず、また、この理由により、車両単独事故は重大であると記録されているように思われる。

(c) Roosmark は、その報告の第6節、10頁に、地方における人身傷害事故の推定数と公式記録数との間には有意義な差があるが、都市における場合にはそれがないと記述している。この偏差は、恐らく第3者が事故報告をしたということにより説明される。都市においては、しばしば主婦または歩行者が、地方においては報公されることはなかったであろう事故を報告している。英国の警察は、報告者の身元を記録している。人口密度または歩行者の流れを、報告された人身傷害と報告されなかった人身傷害事故との比に対してグラフにプロットすることは可能ではなかろうか。

(d) スウェーデンの法律は、すべての人身事故の報告を必要としているのか。

Roosmark は、駐車事故は道路または特定の駐車場に駐車してある車両が関与する事故であると答えた。都市と地方の事故における事故報告の水準には差は見出せなかった。傷害事故とは何をいうかとの定義に相違があった。

Asmussen は、オランダにおいては、Harper 氏が言及したように、都市と地方とは事故報告の基準に差があると述べた。

Schreuder は、Jacobi の報告に記述されたドイツにおける保険会社の事故記録方法を歓迎した。しかし、彼は収集されたデータには脱落があると提案した。(a)事故の正確な場所が与えられていない。これは後に道路の状況を調べることを困難にする。(b)O.E.C.D. およびその他の研究機関にとって街燈の水準および欠陥に関する情報を有することは助けとなる。(c)情報はただ死亡および重傷事故についてののみ集められている。

Jacobi は、より以上の情報が望ましいことに同意した。会社は2段階のデータ収集法を考えており、第2のアンケートが日を遅らせて求められる。保険会社は、通常経費の高い、つまり死亡および重傷事故のみを調査する。

Bull は、病院から得られるデータの種類について論じた。病院において通常作業として記録されるデータと、道路事故の被害者に関する特別な調査とを区別することが必要である。このような

調査は、事故による傷害について有用な情報を提供することができるが、その他の情報についてはそれ程ではない。道路事故に関する検討の深さは、より広くなければならない。医者は、傷害についての長い質問事項を完了することを嫌がる。しばしば、医者を直接研究計画に関係させることが良いことがある。

Johuson は、Jacobi が説明したドイツの自動車保険会社間の感銘的な協力に興味を抱いた。彼は、そのイニシアチブが保険会社自体から来たのか、それとも政府からの圧力があったのかどうかを尋ねた。書式を完成するために配慮する費用は、検討が死亡または重傷から生来する請求に限定されるとしても相当なものであるに違いない。その費用を積算するためにどのような試みがなされたか。計画の可能性を調べ、質問事項を完成させるためのパイロット計画が準備されたか。彼は正確さをコントロールするのは困難であると考えた。例えば、No. 612 の「多分眠っていた」という質問（Jacobi の「報告書」付属書）に対する回答について、どのようにして一貫性のある基準が設定されたか。質問の回答において、“判らない”という欄が用いられる傾向があったか。

Jacobi は、ドイツの保険会社の間には、競争にもかかわらず、良好な関係があると答えた。保険会社は道路安全に関する研究について長い伝統を有し、研究のイニシアチブは彼等のものではなかった。政府は、保険会社に参加するように強制はしなかったが、それでも彼等は参加した。彼等は、その利益について税の優遇が与えられている。100以上の保険会社が参加するように説得された。

Leygue は、Jacobi の報告に興味を持ち、2つの提案をした。

(a) すべての事故に対して、1種類の質問書が用いられている。すべての事故について、最初短かく簡単な質問書を用い、第2の質問を事故の種類に応じて選定して使用する方がよいのではないか。

(b) 毎年同じ質問書が用いられている。1年ごとに質問書の内容を変えて、事故調査の異なった面に集中するようにした方がよいのではないか。

Asmussen は、質問を固定しておくことと、また、変えることとの両方に必要性があると述べた。このような質問のリストを作成することが望ましい。

Jacobi は、同意した。保険会社は基本的な統計を広範囲にわたって必要とし、その後において特別な問題についての特別な調査を必要とした。この目的のために、彼等は特別な質問を必要としたのである。例えば、車の内部の安全に関する問題を見るために、特別な質問を展開している。

Rabani 夫人は、イスラエルにおける道路事故の研究においては、3つの問題、すなわち、(a)事故の地点、(b)運転者、および、(c)車両について関心が持たれたと述べた。

次いで、Rabani 夫人はその各々について言及した。

(a) 事故発生地点。正確な事故発生地点を知る必要がある。Rabani 夫人の経験から、この情報は事故現場において警察官から得ているだけであり、しかも完全に信頼できるものではなかった。イスラエルにおいては、保険会社は財産損害報告書を提供しているが、事故の正確な地点は与えていない。交通の流れ、速度および事故現場の道路についての情報も必要である。イスラエルにおいては、交通計測機（traffic counts）が利用でき、また、航空写真により速度測定を得ようとする計画がある。

(b) 運転者。道路事故に関与した運転者を調査するために、運転者の中央登録を行ない運転者のデータバンクを設ける必要がある。イスラエルにおいては、保険会社は事故に関与した運転者の識別を行っていない。

Rabani 夫人は、他の国においてもそうであるかどうかと尋ねた。

(c) 車両。小型および低速車両がその他の車両よりも多くの道路事故に直接または間接的に関与しているかどうかの問題を検討するために、登録車両の中央データバンクを必要とした。

Mela は、事故に関する情報に大きなすき間があると述べた。事故の重大さの程度が減ずるにつれて情報も少なくなっている。事故報告には、3つの事故のうちの1つだけしか現われていない。

Wolman は、事故の正確な地点を記録する問題に関し、情報の大部分は警察および保険会社の両方とも事故後に記録されていると述べた。しかし、両方の情報源とも調査目的のためには適切でなく、他の手法が用いられなければならない。その例は、都市地域の交差点における事故はテレビジョンに記録されるということである。記録システムを事故により起された雑音により自動的に作動させることができるであろう。

Hall は、アイルランドにおいては事故発生地点を正確に決定するためにグリッド座標システムが採用されていると述べた。グリッド座標が、全国を完全にカバーする一組の1マイルを $\frac{1}{2}$ インチに縮尺した地図に重ね合される。各警察はその管轄区域をカバーする地図を持っている。各事故報告書式(物質的“損害だけ”の事故を包含する報告書を含む。)に、警察調査官は事故発生地点の記述およびその点の座標を含ませている。これらの座標は、報告書が道路安全記録局(Road Satety Records Bureau)に提出された時に、その正確さをチェックされ、必要に応じて変更が加えられる。このシステムの正確さに関する予備的チェックは、警察により6インチ/1マイルの主要道路網図にプロットされた事故を、座標システムにより定められる事故地点と比較することにより行なわれる。高度の一致が見出されている。

Ieygue は、都市および地方地域に対して、また、道路と交差点に対して、事故発生地点を記録するためには異なった方法が必要であると述べた。交差点における正確な地点を記録することは、さらに困難である。

Asmussen は、すべての運転者についての詳細が集中的に記録できるかどうかを疑問とした。

Jørgensen は、デンマークにおいては、警察の報告は関与した運転者の数を含み、それは中央人事記録に載せられていると述べた。

Jacobi は、ドイツの保険会社は、事故に関与した運転者の詳細を公表したり、あるいは新聞に与えたりすることは許されていない、しかし、科学的研究者および政府には与えることができ、また事実与えていると述べた。

第 7 課 題

分類(CLASSIFICATION)

議長：IR. E. ASMUSSEN

交通事故の類型による分類について

ON THE CLASSIFICATION OF ACCIDENTS BY TYPE

by L-B Kritiz : The Official Swedish Council on Road Safety Research

交通安全に関するすべての業務の目的は、道路および街路を安全な環境に改善することである。これを遂行するためには、事故や傷害を防止するための各種の安全対策を講じなければならない。交通安全についての研究の目的は、なによりもまずこれらの対策に関しての基本原則を見出すことである。したがって、交通事故および事故の発生要因となるような要素についての知識が必要となり、かくして交通事故および種々の事故データを記録することが必要となるのである。

まず最初に、事故の原因を明らかにすることからはじめるのが必要であると思われる。しかしながら、ある1つの要素だけが事故の唯一の原因であるということはめったにない。一般に事故というものは、どれが最も重要であるかということを実際にはなかなか決められないようなさまざまな要因間の相互作用が根底にあって発生するものである。交通事故の原因を決定するためには、事故を徹底的に調査し、また、考えられるすべてのデータを記録する必要もある。

従来の経験からすると、一般にこれまでのような分類方式では、高速運転、運転者の不注意といったはっきりしない要因の頻度が高くなる傾向がある。したがって、これと異なったアプローチをとる必要がある。

道路交通は人間-環境システムとみなすことができ、その中で、道路利用者は非常に多くの状況にぶつかりそれらを克服しなければならない。いいかえると、道路利用者はある要求を満たさなければならないのである。事故が発生するという事実は、要求される能力のレベルと道路利用者の能力のレベルとがうまく適合していなかったということを示すものである。この問題は、道路利用者の能力を高め、一方で利用者に要求すべき事をより簡単なものにするということで処理することができる。

したがって、事故が発生したときの交通の状況に応じて、道路利用者が克服するに困難を来した状況を明瞭にすることによって、事故を明確にし、分類していくのが論理的であると思われる。この分類方式の基本となっているのは、事故の結果として生じた自動車や歩行者の行為ではなくて、事故直前のそれらの位置または意図した進路から、その事故がどの類型に属すべきかを決めるということである。

スウェーデンにおいては、このようなシステムが各種の機関で数年間にわたって使われてきている。1966年1月1日から、中央統計局(The National Central Bureau of Statistics)で、交通事故に関する公式集計にこの分類方式を採用している。

付表 交通事故の類型による分類について

I	II	III	IV	V 一時的交通障害
0 自動車（単独） 前進中	0	1 直進 ↑ 2 転向 ↘	0 1 Uターン 2 側道へ またはから 3 駐車場所へ または から 4 沿道家屋取付道路へ またはから	0,1,2,または9
0 後退中	0	0	0	0,1,2または9
1 自転車またはモベッ ト（単独）	0欄と同じ	0欄と同じ	0欄と同じ	0欄と同じ
2 その他の車両（単独） 前進中	0欄と同じ	0欄と同じ	0欄と同じ	0欄と同じ
2 後退中	0	0	0	0,1,2または9
3 自動車対自動車共に 前進中 同じ道路上 直進中 同一方向	1 ↑↑↑ （追いこし） 2 ↘↘ （車線変更） 3 ↑↑ （追 突） 4 ↓↓ （正面衝突）	0 0 0 0	0 0 0 0	0 障害なし 1 車道が部分的に閉鎖 または車道上に物体 2 駐車車両 3 車道上の歩行者 （歩行中） 4 車道上の自転車また はモベット（走行中） 5 転向中の車 6 側道からの車 7 対向する車 8 同一方向の車両 9 その他
反対方向 転向中 同一方向	5 （転向）	3左折 ↙↘ 4右折 ↘↙ 5交差 6合流 7その他	1-4 1-4	
反対方向	6 （転向）			
異なる道路 前進中	7 （交差点）	0 5交差	0	
転向中	8 （交差点）	6合流 7その他	1-4	
その他	9 （その他）	0	0	
3 後退中	0	0	0	0
4 自動車対自転車また はモベット	3欄と同じ	3欄と同じ	3欄と同じ	3欄と同じ
5 自動車対その他の車 両	3欄と同じ	3欄と同じ	3欄と同じ	3欄と同じ
6 自動車対歩行者 自動車前進中	0	5 交差 7 交差以外 9 その他	0 5 同一方向、 歩行者左側 6 同一方向、 歩行者右側 7 反対方向、 歩行者左側 8 反対方向、 歩行者右側	0-9
6 後退中	0	0	0	0
7 自動車対動物	0	0	0	0
8 軌道車対その他交通 構成要素	3欄と同じ	3欄と同じ	3欄と同じ	3欄と同じ
9 その他				

例を1つあげよう。たとえば、1台の車が前方の車を追い越そうとして対向してきた車と衝突したりあるいは路外逸脱した場合、つまり追越車と被追越車との間に衝突がなかった場合でも、この事故は追越事故に分類される。それは事故を招いた根本的な行動が追い越しだからである。対向車はこの場合、一時的な交通障害 (traffic disturbance) と見なされることになる。

公式統計では、上述の原則に従って、付表にみられるような分類様式に基づいて、事故を5桁のコード番号で分類している。これまでの経験からすると、この分類法は満足すべき機能を果しており、従来使われてきていたものよりもすぐれている。

この分類方式による1つの実例を以下に述べる。

ある車 (貨物車、バス) の運転手が交叉点でまがろうとしていたが、その車がまがる前に別の自動車が交叉点の反対方向からやってきて、2台の車が衝突、もしくは1台が衝突を避けるために路外逸脱した。

分 類: I II III IV V

コード番号: 3 6 5 2 0

説明: 0 = 交通障害なし, 2 = 側道への転向, 3 = 自動車対自動車, 5 = 交差, 6 = 両方の車が同一道路を反対方向に進行中に転向が行なわれた。

被害の軽重度による国の交通事故統計分類についての提案

PROPOSED CLASSIFICATION OF NATIONAL ROAD
ACCIDENT STATISTICS BY SEVERITY OF INJURY
by R.F. Newby : Road Research Laboratory, United Kingdom

序 言

現在発表されている交通事故統計は、通常、事故をその受けた被害の軽重度によって分類しているが、その定義は国によって異なり、しかも同じ国の中でもいろいろな解釈がとられる余地が残されている場合が多い。したがって、各国間、地域間あるいはある期間にわたっての比較は、大抵信用のおけないものとなっているが、もし、どこででも、簡単で統一的な定義が採用されるようになれば、これらの統計値は非常に価値の高いものとなる。

英国の統計における事故および死傷者の分類

警察では事故を死亡事故、重大事故、軽微事故に分けている。死傷者は、死亡者、重傷者、および軽傷者に分けられる。

死亡事故とは、事故後 30 日以内に死亡者を出した事故をいう。重大事故とは、死亡者はないが、重傷者を出した事故をいう。重傷とは、入院を必要とする損傷、あるいは（入院の有無を問わず）、骨折、脳震とう、内蔵損傷、砕傷、切傷または裂傷、あるいは治療を必要とする大きなショックをいう。

軽微事故とは、人の死亡や重傷はないが、軽傷を負ったものをいう。軽傷とは、捻挫や打撲のような軽い損傷、あるいは大してひどくない切傷または裂傷をいう。事故でショックを受けたと訴えても他に損傷のない人は、治療を受けたかあるいは受ける必要があると見受けられる場合を除いて、損傷のなかへは入れてはならない。損傷を受けただけと見受けられたにもかかわらず、事故の直後あるいはその後になって入院した場合は、重傷として記録しなければならない。

解釈の相違による影響

この方式には、解釈の相違から若干の地方的な不斉合が生じている。その例を 2 つあげてみると、

(a) 表-2 は 1950 年から 1967 年までの英国の都市において記録された死傷者の公式な定義に基づく数を示したものである。これをみると、死者と重傷者の数は全期間を通じて大体一定しているが、軽傷者数は、1958 年までは、ほぼ重傷者数に比例しているのに、1959 年になって急に 80 % も増加し、その後もずっと増加し続けている。詳細に調査してみてもこの突然の変化は説明できないのであるが、その原因としては、(i)それまでは非人身事故に分類されていたものを軽傷事故と

みなすような行政的な決定がなされた、あるいは、(iii) データを集計する担当の係官が代ったということが考えられるかも知れない。この種の不斉合の例は、異なる警察の間でも起きていることが知られている。

(b) 表-3は1966年1年間における平均の死傷度(全死傷者に対する死者+重傷者の百分率で示す。)の分布を当時の152の警察について示したものである。郡警察(主に地方部)では、この率は15%から70%の範囲にあり、自治体警察(都市部)では5%から55%の範囲にある。事故の軽重度を示す他の指標(死者+重傷者に対する死者の百分率)についても広範囲に分布している。個々に見れば、確かに道路および交通条件に相違があるということの現われであるかも知れないが、それがすべてではないように思われる。この分布の広がり、各警察間で事故の定義について相違があることに原因しているということはある程度確認される。このことは図-1によってもある程度確認される。この図は上記2つの死傷度の間に負の相関が存在することを示している。この傾向は重傷者の報告が多すぎる警察ほど強く、この場合(死者数+重傷者数)/全死傷者数の値は不自然に大きく、死者数/(死者数+重傷者数)の値は小さい。

そこで、このような不斉合性を排除した新しい分類が必要となる。ただこの新しい分類も、依然として事故全部の軽重度ではなく、主として負傷の軽重度によるものでなければならない。それは1つには車には損傷がないという事故がかなり多いことと、もう1つには人身の被害と物の損傷とは同列に扱えない(ただし、貨幣タームでこれらの損傷を評価できるとすれば別である)という理由からである。分類方法には2つの種類があると考えられる。1つには診察によってのみ得られる医学的な情報を必要とするものであり、もう1つには事故発生時もしくはそれからあまり経たないうちに担当機関が入手する内容をもとにしたものである。

医学的な分類

この種の分類は、医学的な経緯からどのような詳細なものにでも、あるいは特別の調査に適するものにでもなし得ることは明らかである。最近道路研究所(R.R.L.)が、異なる情報源からのデータを容易に比較できるようにするための包括的な分類システムを提案している。しかしながら、この分類には医学的な知識を必要とするということと事故の詳細な内容をつかむまでに時間がかかるという理由から、これを警察あるいは国の事故統計を集計する担当者が採用するのは適切ではない。したがってこれ以上は述べないことにする。

非医学的な分類

この分類法は、医学的な経緯から知られる最小限の情報が必要である。たとえば次のようなものを根拠としている。

(i) 米国保健省(U.S.A. National Health Survey) および米国国家安全会議(U.S.A. National Safety Council) で用いられるものであるが、死傷者が家庭、ベッド、病院あるいはこれらのいくつかに抱束されている時間の長さ。

(ii) その人の通常の業務から離れている時間の長さ。たとえば、英国で産業事故として報告され

るのは、3日以上離れるような事態を生じたものとされている。

(iii) 健康を損ねたことに関して、法律上の認定、保険金の支払いあるいは他の金銭的な支払いを受けている時間の長さ。

このようにまったく時間にだけ依存している分類システムは、その人の損傷の軽重度がどこまでおよぶかということがはっきりするまでに時間がかかるので、使うのに不便なのは明らかであり、このことはひいては不正確な記録を作ることにもなりかねない。また、この方法は子供、主婦および雇用されていない人に適用するのが困難である。

このように考えてくると、警察や報告機関が事故発生時（またはそれからあまり経過しないうち）に作成することができて、しかも全死傷者に簡単かつ迅速に適用できるような、かなり大まかで基礎的な分類が必要であることがわかる。

このような方式の基本的なグループには次のようなものが考えられる。

軽重度Ⅰ：死亡（事故発生後30日以内に死亡した場合）

軽重度Ⅱ：非死亡の負傷（たとえば、1日以上働けないもの、医学的な治療がとられたもの）

軽重度Ⅲ：その他の負傷

軽重度Ⅳ：車または物の損害のみのもの。

ここで1つ注意しておかなければならないことは、警察へ報告される全事故の数とその種類は、これは公式統計に載るわけであるが一事故に遭った道路利用者が法律によって義務づけられている申告に基づいているということである。

英国では、特定の情報が関係機関の間で交換される場合には、必ずしも警察へ報告する法的義務はないことになっている。この場合の条件は人身事故と非人身事故とは異なっており、その結果人身事故は警察へ報告される頻度が高く、非人身事故はあまりないというのが実情である。また、警察によっては非人身事故の報告にも力を入れているところもある。このようなわけで、事故統計というものは損傷度が低下するにつれて正確さも低くなるのである。

しかしながら、すべての場合に分類の目的だけから医学的な詳細を記録することは必要ないし無駄なことであり、前述のグループをさらに細かくする必要があるれば、適当な層別抽出法で分類すればよい。たとえば、損傷の軽重度というものは、それがいかに定義されようと、ある程度病院で過ごす時間あるいは医学的な治療を受けている時間と相関があるとみなして差し支えないと思われる。表-1は、入院日数の分布を示した1例である。これらの負傷者は現在の分類では正式にはすべて「重傷」に属するものであるが、61%が入院6日以下である。ここで想起して頂きたいことは、入院日数というものはその土地で入手可能な病院のベッドの数に依存し、またそこでなされる治療の如何によっても変わる可能性があるということである。医学的および他の要素を加味してこの種の分析を深く行なっていけば、前述の分類Ⅱ（非死亡の負傷）はもっと実際の軽重度をよく表わすものに細分できよう（たとえば現在では、指の骨折も首の骨折もともに「重傷」である。）。

分類ⅢおよびⅣも必要に応じサンプリングによって細分できよう。

このような手順によって、すべての死傷者の医学上の詳細な経緯は必要としなくなり、事故統計を正確かつ有用なものに改善するうえに大いに役立つであろう。またこれによって、事故死傷者の

経済価値をより正確に推定することが可能となろう。というのは、損傷の程度に応じてつける「重み」を、表-1のようなデータから導きだすことが可能だからである。現在では、各分類についての事故のコストは単純な平均金額で与えられている。

事故の分類方法の適否の1つの判断基準は、それによって見積もられる事故の全経済コストが正確であるかどうかで判定されるといってよいであろう。従ってもし、多分そのとおりであろうが、人身の損傷を伴わない軽い接触や追突事故が多く、またこれらの事故コストが全体に占める割合が小さいとすれば、それらの事故の報告洩れはたいして重要ではない。

結 論

現在行なわれているような事故の分類法では、斉合性を欠く場合があり、これは地域の事故の記録を使用する場合に間違った結果を招きやすい。ここでは、専門家のいない報告機関でも、単純に4通りに事故を分類すればよいという新しい方法を提案している。これら4つの大分類は、必要があれば、医学的あるいは他の記録に基づく定期的な層別サンプリングを行なうことによって、どんな詳細な小分類にも分けることが可能である。

これによって事故の統計はより正確かつ均質なものとなり事故コストをより正しく見積もることができるようになろう。

参 考 文 献

1. R.R.L. Leatlet LF. 130 : Classification of injuries sustained in road accidents (Janury 1969).
2. 'Accident Facts, 1967' (P.2) : National Safety Council. Illinois.
3. R.R.L. Leatlet LF 42 : Investment in roads (May 1968)

表-1 入院日数の分布
(パークシャー病院の96ケースの資料に基づく, 1964)

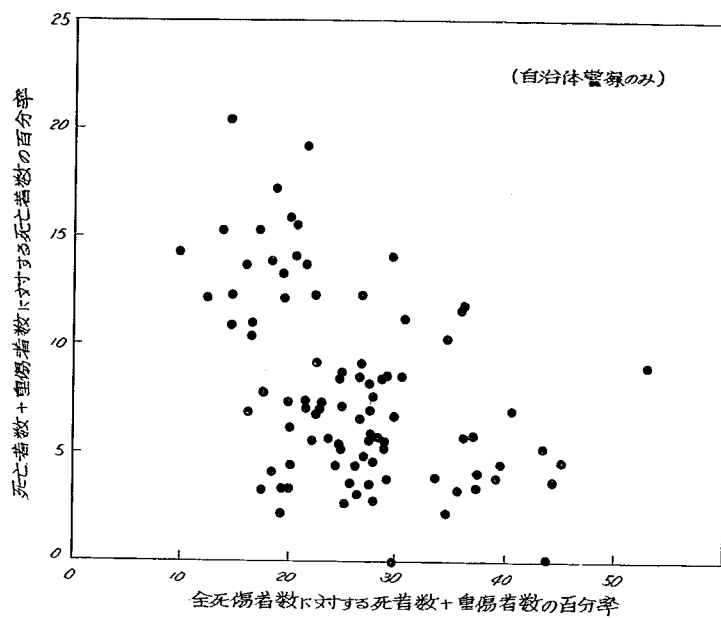
入 院 日 数 (n)	入院日数がn日をこえる死傷者数の構成比 (%)
5	39
10	31
15	21
20	13
25	9
30	7
35	6
40	6
45	5
50	5

表-2 英国の1都市における死傷者数

年	死 亡	重 傷	軽 傷	合 計
1950	14	88	190	292
1951	15	90	215	320
1952	14	89	193	296
1953	18	89	224	331
1954	13	98	225	336
1955	15	106	212	333
1956	14	114	167	395
1957	21	148	319	488
1958	21	164	325	510
1959	17	160	583	760
1960	21	156	610	787
1961	16	143	596	755
1962	14	138	664	816
1963	12	141	643	796
1964	26	143	733	902
1965	30	101	682	813
1966	25	165	787	977
1967	17	128	716	861

表-3 警察署別の平均死傷度(1966)

	郡 警 察		自 治 体 警 察	
	警 察 署 数	構 成 比	警 察 署 数	構 成 比
全死傷者数に対する死者数+重傷者数の百分率				
5-9.9			1	1
10-14.9			5	6
15-19.9	1	2	15	17
20-24.9	6	9	19	22
25-29.9	8	12	28	32
30-34.9	16	25	5	6
35-39.9	15	23	8	9
40-44.9	15	23	4	5
45-49.9	1	2	1	1
50-54.9	2	3	1	1
55-59.9	0	0		
60-64.9	0	0		
65-69.9	1	2		
	65	100	87	100
死者数+重傷者数に対する死者数の百分率				
0-2.4	1	2	4	5
2.5-4.9	13	20	21	24
5.0-7.4	25	38	24	28
7.5-9.9	19	29	12	14
10.0-12.4	2	3	12	14
12.5-14.9	5	8	7	8
15.0-17.4			4	5
17.5-19.9			1	1
20.0-22.4			2	2
	65	100	87	100



図一 1 2つの死傷度間の相関図（英国の警察署，1966）

事故率の比較を困難にしている三つの問題点

THREE DIFFICULTIES IN THE COMPARISON OF ACCIDENT RATES

by K. Pfundt : HUK – Verband, Cologne

英国の交通事故による年間の死者数は西ドイツのそれのわずかに約半分である。両国における車の総走行距離数は同じ程度であるので、英国の交通規律の行届いていることは賞賛に値する。

米国では西ドイツより3倍も多い交通事故による死者があるのは事実であるが、自動車台数は7倍もある。このことは次のように説明できよう。すなわち、米国ではどこでも速度制限が実施されていること、警察の交通取締りがはるかに厳しいこと、および学校における交通教育が組織的に行なわれていることである。

ただ、このような比較を行なう場合には注意が必要であり、異った国々における事故の相対的な危険度を真に科学的に判定するには、同じ型の道路における事故率を比較するしか方法がない。

これについての研究はたくさんある。

たとえば、Pucher は次のように述べている。ドイツの高速道路 (motorways) における事故率は、100万台キロ当たり1.85であり、米国のこれと同等の道路では僅か0.92である。また、別の研究によれば、ドイツの高速道路における事故の危険度は、英国の高速道路の3倍も高いことを示している。

しかしながら、上に述べたような方法で異った国の道路の安全性を比較することは有効なように思われるが、次のような理由で誤まりやすい。

1 事故についての明確性の欠如

a) 事故の種類と事故件数

事故の程度については、いまだにさまざまな定義が使われている。たとえば、ベルギーでは事故現場で死んだ人だけを交通事故による死者としているが、米国では事故に遭ってから1年以内に死んだ人を死者にかぞえている。

事故についての調査研究結果を比較する場合にさらに重要なことは、一般にこの種の調査研究が警察の事故記録に基づいているが、警察はすべての事故を記録しているわけではないということである。Roosmark と Fraki は、警察はいわゆる「物損」事故 ("damage only") だけでなく、人身事故についても記録していないことを明らかにしている。スウェーデンでは、1963年と1964年に警察は全人身事故の50%しか記録しなかった。このようなことは明らかに国によって異なるのである。警察が事故を100%記録することはないということは確実である。また、各国の警察が同じ密度で事故を記録するということも期待できない。しかしながら、警察の事故記録を基に各国

の真の人身事故数を決めることができるためには、各国で行なわれている種々の調査研究を使って少なくとも警察がどの程度記録しているかを推定しなければならない。

さらにまた、事故記録の方法ができるだけ一定しており、例えば西ドイツのようにしばしば変わるということがないということも確める必要がある。

b) 交 通 量

(1) 一定の期間、たとえば1年間における事故件数はその同期間内における走行台キロと関連づけられる。

(2) 交通量のわかっている時間帯に発生した事故件数がわかるときは、問題にしている道路の長さとそのある一地点を通る交通量をかけて走行台キロを計算する。したがって、道路のある区間における事故率は次のように表わされる。

$$U_r = \frac{N_i \cdot 10^6}{A D T \cdot 365 \cdot \ell} \left(\frac{\text{事故件数}}{10^6 \text{ 台キロ}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

ここで N_i : 年間事故件数

$A D T$: 平均日交通量 (2方向24時間交通量)

ℓ : 道路の区間延長 (km)

または次のようにも表わされる。

$$U_r(M) = \frac{N(M) \cdot 10^6}{M \cdot t(M) \cdot \ell} \dots\dots\dots(2)$$

ここで

$U_r(M)$: 時間交通量が $M \pm \frac{1}{2} \Delta M$ の範囲にある時間帯の事故率

$N(M)$: その時間帯の事故件数

$t(M)$: 時間帯の数

(1)式は2つの点で問題がある。すなわち、

i) $A \cdot D \cdot T$ は通常サンプル観測に基づいている。したがってこの値は観測方法に大きく依存している。たとえば、西ドイツでは1958年まで4月と10月の4日間における連続4時間の2方向交通量を観測し、この結果から平均時間交通量を出し、これから夜間の分を10~12%加味して日交通量を算出するという方法をとっていた。Feuchtinger, MuranyおよびBillingerの研究結果に基づいて、1960年以来採用している方法は、5, 6, 7月中の各6日間の午後3時から7時までの連続4時間交通量を基に、その道路の交通特性に応じた適当な係数を使って $A \cdot D \cdot T$ を決めるというものである。この観測方法の変更によって1958年の観測結果は、1960年のそれと比較できなくなっている。

ii) たとえ $A \cdot D \cdot T$ の値が同じだからといって、必ずしも“交通特性”が同じとはかぎらないということである。このようなことから、事故率は可能なかぎり、式(2)によって計算すべきだという結論になる。しかしながら、この式による計算が可能であるには、トラフィックカウンターが常置されている必要がある。現在のところ、西ドイツの道路でカウンターが常置してあるものは、高速自動車道路以外では、非常に少ないから事故率を正確に比

較するということはほとんどできないのである。

2 交通量による事故率の変動

従来の調査結果では、通常 A・D・T の増加に伴って、事故率が増加することを示されている。最近の研究では、これとは逆の傾向があることを示している。Throne と Pfundt これによれば、デンマークとドイツの地方部道路では、次の関係が成立するという。

$$U_r = C \cdot ADT^{-0.3} \quad (\text{デンマーク})$$

$$U_r = C \cdot ADT^{-0.15} \quad (\text{ド イ ツ})$$

事前事後比較の場合に、次の公式

$$K_r = U_r \text{ after} / U_r \text{ before}$$

をもって事故に関する道路改善の効果の指標とみなすべきではない。

問題としている道路条件、交通条件の変化によって U_r と A D T との関係が影響をうけないとした場合には、次式が成り立つであろう。

$$U_r = C (A D T)^P$$

したがって、求める比は次式で計算できる。

$$\begin{aligned} K_r^* &= C_{\text{after}} / C_{\text{before}} \\ &= (N_{\text{after}} / N_{\text{before}}) \cdot (t_{\text{before}} / t_{\text{after}}) \cdot (ADT_{\text{before}} / ADT_{\text{after}})^{P+1} \end{aligned}$$

ここで、N は t 年間における事故件数である。

しかしながら、事故率と A D T の間にはっきりとした関係が存在するかどうかは疑わしい。むしろ、事故の危険度とその事故が発生したときの実際の交通量との間には、ある関係が存在すると仮定する方がはるかに合理的であると考えられる。

式(2)によって高速道路の事故率を計算した調査研究は、少なくとも定性的には、同質の結果を与える。図-1 は事故率と時間交通量との間の U 型の曲線関係を示している。しかしながら、交通量が非常に多い場合の事故率は明確でない。この場合の事故率は、昼間は幾分低いが、夜は異常に高くなるのではないかと考えられる。交通量と事故率の関係が U 型の曲線になるということの 1 つの説明として、交通量が変わると事故の形態が変わってくるという考えがある。これらの研究を進めるためには、いろんな種類の道路にトラフィックカウンターが常置され、統一したルールに従って事故研究が進められなければならない。

3 事故発生均質性 (homogeneity) の欠如

事故発生という事象が事故率によって十分表現されるのは、すべての事故が同じ型であるか、すべての事故が幾つかの類型に同じ割合に分類できる場合にかぎられるのである。しかしながら、実際にはそういうことがないことはいうまでもない。

Smeed は A D T が増加すると、車単独事故は減少し、車相互間の事故は増加するということを見出している。Leutzbach は、高速道路では時間交通量が増加するにつれて、追突事故の割合が増加することを示している。Pfundt は、ドイツの地方部 2 車線道路における事故の事前事後調査で、全体の事故率は道路改良によってそれ程影響をうけないことを示している。(事前の事故率は 3.9 件/百万台キロ、事後は 3.73)，しかしながら、彼の分析では、横断交通の関係した事故は

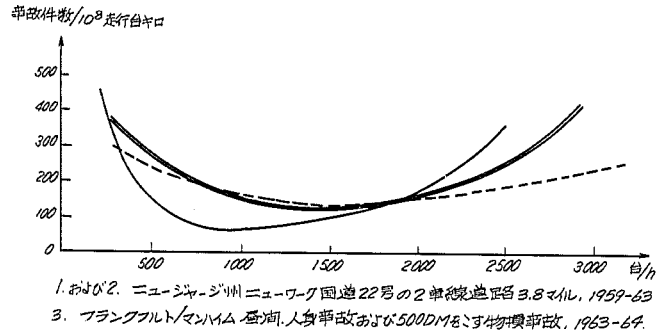


図-1 高速道路における事故率と時間交通量との関係

地方部道路				高速道路		
		記号	事故形態			
交通事故の事故	行動		コントロールを失ったことによる事故	F	F	
			主道路からの流入	AB	AB	
			優先道路への進入	E/K	E/K	
			横断	US	SO	
			転回	WD		
			停止 発進	AN		
	走行状況		走行速度の相違	GD	SO	
			反対方向の走行	BG		
			一時的閉鎖	ZS		
			その他	UN		
					車線変更 SP 追従 EH 行列 ST 追越 VF	

図-2 地方部道路および高速道路における事故形態の表示方法

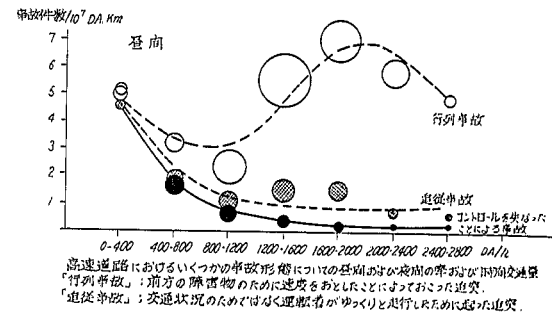
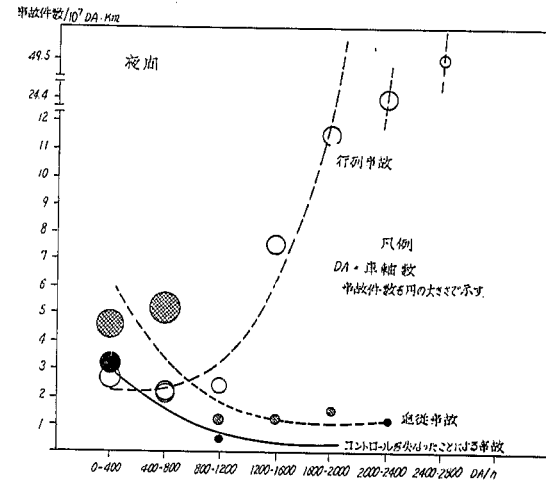


図-3 高速道路におけるいくつかの事故形態についての昼間および夜間の率および時間交通量
「行列事故」：前方の障害物のために速度をおとしたことによって起こった追突
「追従事故」：交通状況のためではなく運転者がゆっくりと走行したために起った追突

30%以上増加し、縦断方向の車だけが関係した事故は20%減少したことを示している。したがって彼は、事故は1つの指標（事故率）によって表現するのではなくて、「事故特性」、すなわち、事故をいくつかの類型によって表わすべきであると提唱している。著者はかつて、地方部道路と高速道路における事故の類型と定義したことがある。まず最初に与えた大きな区分は、「コントロールを失なったことによる事故（loss of control accident）」と「交通間の事故（traffic accident）」である。前者は運転者が、その運転の方法をかえさせるような他の何らかの交通に関係する者がいないのに、車のコントロールを失なって事故になったものと定義される。また後者は、1つ以上の交通に関係するものが介在していた場合の事故であって、これは何人かのそれらの関係者が、それぞれの進路が互いにぶつかり合うようなある1点へ同時に接近しつつある状況を意味する「衝突（conflict）」の結果である。

地方部道路および高速道路における交通をよく眺めてみると、「交通間の事故」を招来するような交通状況は、きわめて僅かな数にかぎられること、および交通事故をこれらいくつかの交通状況に従って分類するのが有効であることがわかる。（図-2）

2つの大きなカテゴリーとは

- (1) 個々の行動（たとえば、優先道路への進入、主道路からの左右折による流出、歩行者の道路横断、停止、発進および転回；
- (2) 交通状況（たとえば、速度差、反対方向に走行する車の出会い、道路のある区間の臨時的な閉鎖）。

図-3は、事故の型についての事故率とその事故が発生したときの交通量の関数としてどのように表わされるかということを示す例である。ここに示された事故の類型は、高速道路にみられる最も典型的なものである。

討 論

Schreuder は、Kritzの「報告書」の第3頁に記述されている事故類別の原則を疑問とした。この原則は、事故直前の車両または道路使用者の位置または予定進路が、この事故がどのような種類に属するかを定めるとしている。多くの事故について、その直前に何が起ったかを決定するのは実際上問題であるし、またこの方法について提起されるべきいくつかの理論的問題もある。

(a) 事故の種類は、事故直前の車両および道路使用者の位置ならびに予定進路により、必ずしも決定されるものではない。もし決定できるとすれば、それは事故の調査を大いに簡単にするであろう。

(b) もし回避行動が事故を防止するとすれば、それでもその状況は事故として記録されるのであるか。

(c) もしそうならば、回避行動と通常の慎重な運転との間にいかなる相違があるのか。

Kritz は、彼の方法は事故前の事象に基づく一般的な類別に過ぎないと述べた。事象は、損害または傷害が発生しないかぎり、事故として記録されることはない。

Garwood は、事故に関与した車両の位置および行動を記録するために英国において用いられて

いる方法を説明した。警察が記録するのに複雑なことは期待できないので、この方法は簡単なものである。3項目の情報が記録される。

(a) 車両の位置

- (I) 同一道路上を互に接近する
- (II) 同一方向に進行中
- (III) 違った道路上を進行中
- 等

(b) 移動

- (i) 前進中
- (ii) 前進追いつき中
- (iii) 右折中
- (iv) 左折中
- (v) 停止
- (vi) 後進中
- 等

(c) 車両は滑ったか否か。

Garwood は、事故原因に関する統計の記録について述べた。英国においては、警際に事故原因を記録するよう要請することは、十分でないと判っている。その理由は、結果として得られる数字があまりに主観的であり、過去において誤った解釈を導いたからである。例えば、「道路の欠陥により生じた」と記録された事故の数が小さく、その結果道路の改良が抑えられた。

Jørgensen は、デンマークにおいては、警察報告書には約 50～100 の事故状況のリストが含まれており、報告書は警察により十分満足する程度に作成されていると述べた。警察にとっては、事故の状況を記述するよりも、種々の状況の略図を含む報告書の方式に従って事故を分類するのが遙かに容易であることが判明した。

Srou は、Kritz の提案する類別法に同意すると述べた。フランスにおいては同じ方法が相互訓練チーム (interdisciplinary team) により採用されており、同チームは特殊な事故を深く調査しているものである。調査した事故の数はまだ十分でないので、結果を出すのはまだ尚早である。事故は、常に警察官により観察された主因により分類されている。

Horn は、O E C D の努力について報告した。

(a) 相互訓練的なアプローチにより、現場調査に対して協同的な行動が期待できる。

(b) 科学的目的のための国際的比較を容易にするため、事故報告を種々の国において同じ基礎の下で行なうようにする努力が続けられている。

Carlquist は、Newby の報告 No. 26 に言及した。彼は、Newby の結果をオランダのいくつかの結果とともに支持した。1967 年に警際の協力を得て調査が実施された。警察による事故の記録を、種々の地域 (地区または町)、事故の種類、時間およびその他の変数に関して調査した。街路上の事故を記録する上における警察の相違は、主として下記から生ずることを見出した。

(a) 地区における司法方針が、結論として地区ごとに異なること。

(b) 個々の警察官による訓令の解釈上の変動。

Carlquist は、今後数年間の調査を必要とするであろう2つの問題を提起した。

(a) 種々の国における事故の記録あるいは記録の信頼性は、どの程度にまで事故の種類および重大さに依存するものか。

(b) 研究の目的のためにどのような種類の事故類別が必要とされるか。

Smeed は、Newby の報告書を一読したとき、事故統計は果して役に立つものかどうか疑問に思ったと述べた。しかし、事故統計が意味のあることについては疑問の余地がなく、Smeed は Newby の報告がこれと対立しないと感じた。記録洩れおよび間違っただけという誤りは多数あるが、Smeed はその比率は決して高くはないことを示した。彼は、Newby の報告書に関し、いくつかの具体的コメントをした。

(a) 第1図において、1959年における年間事故数の見掛け上の増加は、警察が新しい記録方式を導入したことによるものであろう。増加は恐らくは擬似的なものであろうが、それは警察の誤りによって生じたものではない。

(b) 第3図の基礎としている死亡の総数は僅か2,718である。都市警察署あたりの平均数は僅か31であり、警察署の $\frac{1}{3}$ は年間の死亡事故数が7以下である。これらの数字のいくつかがこのように小さいことは、Newby の言う偏差は偶然に依り得ることを意味する。

(c) 第2図の基礎としている事故数は、確かに(上記よりも)大きいですが、しかし、それと同じ程度の偏差が偶然によるものであり得る。しかし、偏差のあるものは正しい。

(d) 第4図の負の相関は認める。しかし、任意の3独立数 a 、 b および c については、 a/b および b/c は負に相関されるであろう。従って、Newby により得られた相関は、事故の記録について必ずしも何かを言っているものではない。一般に、Smeed は、Newby の結論は警察官の努力に水をさすものと感じた。

Taylor は、Smeed は Newby の結論を過大視していると考えた。重大な事故の定義は、今もなおはっきりしていない。Taylor は、事故の類別において警察から要求することをさらに厳密にするということには同意しない。厳格な報告方法を長期間維持することは困難なことであり、警察に負担をかけすぎてはならない。

Newby は、Smeed に答えた。彼は、彼が注意を払った異常な数字は全く悩ませるものであった。もっとも、それらの数字は全く無用というものではなかったが。事故の数字は、全国的な基盤で満足すべきものであった。しかし、Newby は、地方の数字のいくつかについては悩まされた。彼は Smeed の指摘した具体的な点について答えた。彼は、第1図の死亡の増加分の一部は新しい記録形式により生じたかもしれないという点については同意した。しかし、同じような結果は、その他の町からは得られていない。彼は、第2図および第3図にプロットした偏差は、第4図の相関と同じく、僅かその一部が偶然によるものと考えた。

Asmussen は、オランダにおいてもやはり地方の結果に悩まされていると述べた。Asmussen は、警察に負担をかけすぎるべきではないという点で Taylor に同意した。しかし、警察は、すべてに

多くの（法的に要求された）情報の記録を行なっている。この情報をもっと一様のものにする必要がある。

Watson は Newby に彼が提案した新しい被害の軽重間による類別の採用により、現在の被害—死亡、重傷、軽傷—の分布がどの程度にまで変化するかを検討したかどうかを尋ねた。

Newby は、していないと答えた。

Hall は、Newby の報告書中のコメントを支持した。アイルランドにおいては、重傷および軽傷の定義が採用されており、それは英国のものと非常に類似している。アイルランドでは、警察調査官は報告書に被害者が病院に収容されたかどうかを示さなければならない。定義により、警察調査官は、人が軽傷を受け、同時に病院に収容されたと、決して示してはならない。報告書のチェックが1968年の前半の6ヶ月に対して行なわれ、軽傷を受けたと報告された人々の約40%が、同時に病院に収容されたと報告されていることが判った。この矛盾には3つの主な理由があると結論された。

- (a) 警察調査官は、何が軽傷で何が重傷であるかについて、時として主観的な判定をする。
- (b) 「病院に運ばれた」と「病院に収容された」とは、調査官にとって、時に同じことを意味する。
- (c) 警察調査官にとって、負傷者が収容されたかどうかを病院から聞きだすのは、常に必ずしも可能でない。

Hall は、傷害の重大さによる類別は、入院と密接に関連づけられるべきであると提案した。警察調査官が、各被害者について下記のいずれかを報告書に示すことになるように要請する。

- (a) 病院へ運ばれなかった。
- (b) 病院に24時間以内収容された。
- (c) 病院に24時間以上収容された。
- (d) 不明

Bull は、不同意をとらえた。彼は、病院への収容は、病院の慣行が変わるから、傷害の重大さについての類別に対する良好な規準ではないと述べた。

Jacobi は、事故発生後直ちに現場調査を行なうという考えは新しいものではないと述べた。ドイツにおいては、500件の事故がDr. Thomssen 教授を議長とする種々の分野の科学者によりこの方法で調査された。しかし、現在まで重要と思われる新しいことは、何も検知されていない。

Smeed は、1つの提案をした。事故の類別についてなんらかの変更が行なわれる前に、現行の記録の不正確さについて適当な調査が行なわれるべきである。

第 8 課 題

統計結果(STATISTICAL RESULTS)

議長：IR. E. ASMUSSEN

地方部交差点の道路設計を行なう場合の事故統計 の利用方法

THE USE OF ACCIDENT STATISTICS IN HIGHWAY DESIGN WITH PARTICULAR REFERENCE TO RURAL JUNCTIONS

by G.T. Bennett : Institution of Highway Engineers, London

著者は数学者というよりむしろ技術者であるが、この報告はお互に関心ある問題をより多く議論すれば、それだけよく二つの分野は互いに学び取れるという仮定に基づいている。

最近の道路の安全に関する科学の進歩は、交通流に関する科学の進歩に比べて不満足なものである。このことは、混雑による経済的損失の大きさによっているのであろうが、事故を減少させるために在来の施設を改良することには、あまり投資されてはいないが、新しい道路建設の段階では、かなりの額が高い水準の安全基準を確保するために投資されている。交通技術者が統計研究者の援助を最も緊急に必要としているのはまさにこの点である。

最近の 20～30 年の間に行なわれた道路設計と事故についての研究は、数多くの注目すべき成果をあげているが、設計に利用できるような科学的事実による適当な基準までは、まだ持つに至っていない。多くの基礎的な問題の大部分はまだ未解決である。

これは道路の安全の研究に従事してきた人々の技術の不足の結果ではない。それは、主に人と金の不足に、また、これらの問題が有する相互作用性に起因している。現在の道路システムは、事故頻度を基礎とした比較設計のためには、理想的なデータ源からほど遠い。しかし、これまでに多くの研究がなされてきたのは事実である。

これらの研究の多くは、事前事後調査を含めた事故頻度の問題を扱っており、その多くは統計学的な意味において疑問があるが、評価に関して極めて興味のある問題を提起している。問題は、偶然値の確率が正確に決められなかったり、従来の有意水準より大きい時に、設計者はどの程度の範囲までその結果を考慮すべきかということである。

1 例として、ある特定の問題を取り上げよう。すなわち、地方部の 3 枝交差点の交差角度が事故率に与える影響である。1947 年、著者の父は、右側への斜分岐が有利であるとした交差点の設計方法を考え、その結果を「修正ベネット設計」としてまとめた。(附図参照)これは 1951 年に 1 箇所で実地に応用され、その結果、軽傷事故については評価に値する事故減少を達成した。しかし、重傷事故件数の変化は認められなかった。

(i) 1954 年に道路研究所(RRL)が 21 箇所について行なった事前事後調査によると、右側への斜分岐は軽傷事故に有利であることについては有意性があるが、重傷事故については有意な相違は見られない。

(ii) ターナー (1953) およびコルゲートとターナー (1967) による、未改良交差点のデータの多重回帰分析から、ターナーの平方根の法則が得られている。これによれば右側への斜分岐は有利としているが、この解析の統計的な有意性は計算されていないし、またサンプルに似たようなかたよりがあれば、おそらく計算できないであろう。

(iii) 著者自身もコルゲートとターナーのサンプルを検討してみたが、軽傷事故に対する重傷事故の割合は、右側への斜分岐交差点については高くなかった。

これらの研究は全て右側への斜分岐が望ましいという結論を示しているが、しかし、この結論はイギリスにおいてさえ、交通技術者の間で完全には受け入れられていない。現在は、相当多くの統計的研究が行なわれているが、その結果が設計の段階では生かされていない状況であり、このことは、現在はおお交通事故と交通工学の全般的な調査の段階であるといえる。

原因は2つあると思われる。1つは「先験的妥当性」(a priori probability)といわれるものの影響がある。多くの技術者は直角交差設計がより安全であろうと考えている。もっともらしくない結果は、もっともらしい結果より、その両者が理解できるものであり、かつ統計的に妥当なものであっても、批判的にあつかわれる。

第2は、その結果の統計的な意味づけが不明確であるということである。技術者は、「事実」に関する簡単な論述を求めているのであるが、それが得られない。このような状況は、複雑な多重回帰分析にたよらざるを得ない場合には、避けられないようである。この解決策は、非常に注意深く計画し、熟慮した上での実験を含む事前事後調査にある。

実験の計画は、勿論、数学理論が充分確立している分野である。しかし、現在は交通事故の分野では、その応用が不充分であるように思われる。確かに、ここには相互規律的な問題がある。すなわち、データを分析するのは統計研究者の役割であり、道路の改良を設計するのは交通技術者の役割である。実験的な道路改良の設計は、主として重要な財源の問題があるので、両方の技術の組み合わせが必要である。実験を計画するだけでなく、それらが正当であることを実証する必要がある。このことをどのように行なうかを詳細に考えることは、ここではしないが、技術者として重要と思われる次の諸点に注意をうながしたい。

(A) 交通技術者は次のような場合に設計についての助言を必要としている。

(i) ある施設を新設するかあるいは改築しなければならないとき、2つ以上の比較案の中からどれを採用するのが最も安全であるかを知りたい時。

(ii) もっぱら道路の安全を改善するために、既設の施設を改良するかあるいは全く新しい施設を設置するかを考えている場合。

(i)の場合、比較案の施設の費用はほとんど同じであり、統計研究者は、「非標準」ではあるが技術者の選択の指針となりうるような根拠を技術者に示し、その手助けをすることができる。しかしながら(ii)の場合、通常実質的な費用がそれに伴うので、統計研究者か技術者が費用分析を行なう必要がある。資金が浪費されていないことを確認するために、適当な統計上の有意さを示す実験の結果が要求される。

(B) 現在、道路事業のうち、交通安全を目的とした研究だけには、非常にわずかな金額しか費さ

れていない。詳細な費用分析の結果以外は、多くがすぐ間にあうようには思えない。改良工事の費用と、予備的な「非標準」の結果が確固としたものになった場合に達成されるであろう事故防止額を比較することは可能というべきである。

(C) 他の理由で実施されることになった工事の副産物として、安全性の実験結果を得るための機会を最大限に利用することは不可欠なことである。例えば、地方部の道路が混雑を緩和するために建設されたり、あるいは線形が手直しされる場合には、その交差点を（任意に）斜分岐の形に設計することは実質的に費用がかからない。

実験的道路改良の経済的な建設のための機会を十分に利用し、このような工事についての費用の増加を正当化するならば、明らかに統計学者と技術者が互いに密接に協力することが必要になってくる。著者が最も興味があるのは、この協力を達成する方法について、このシンポジュームの参加者の見解を聞くことである。（図－1 参照）

参 考 文 献

1. BENNETT, Lt-Col. G.T. : Road Junction: Suggestions for improved Designs. J. Inst. munic. Engrs. December, 1947.
2. EATON, J.E. : A before and after Comparison of Traffic Behaviour at a 'Bennett' Junction at Denham, Bucks Road Research Laboratory, Research Note No. RN/2664/JEE (Unpublished)
3. ROAD RESEARCH LABORATORY. : Research on Road Traffic H.M.S.O., 1965, 447-8.

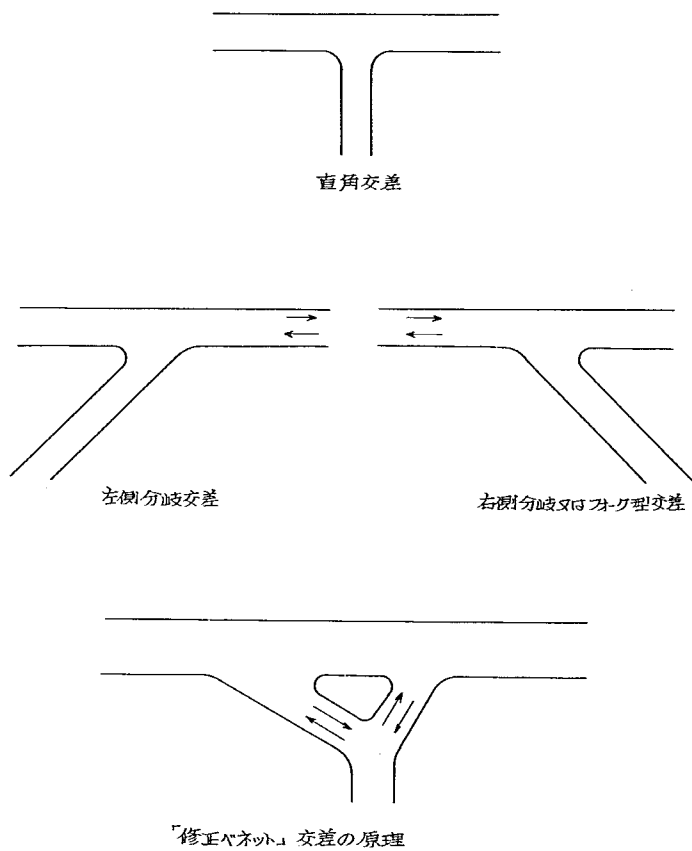


図-1 地方部における3枝交差の形

道路環境および交通特性が交通事故に及ぼす影響について

STUDIES OF EFFECTS PRODUCED BY ROAD ENVIRONMENT AND TRAFFIC CHARACTERISTICS ON TRAFFIC ACCIDENTS

by P.O. Roosmark and R. Fräki : Statens Vägutitut, Stockholm

序 言

この研究は、ストックホルムの国立スウェーデン道路研究所の交通部によって行なわれたもので、その目的は、合理的な道路計画に必要な交通の作用 (traffic process) の特性に関する情報を得ることにある。

この研究の重要な点は、道路の幾何学的設計および交通量が道路交通事故におよぼす影響について取り扱っているということである。

これらの研究の目的は、次に挙げるような目的に必要な情報を提供することにある。

- (a) 単路部分および交差点における事故予測モデルをつくること。これらのモデルは道路計画に利用される。
- (b) 道路をもとにした事故統計の合理的システムの確立を図ること。
- (c) 適当な速度制限を選ぶこと。

データの収集

今までに収集されたデータは、道路の幾何構造の要素に関するもの、交通量に関するもの、交通事故に関するものである。

現在、この目的に利用できる道路のデータは主要国道 (National Main Road) のものである。この記録に含まれている道路の総延長は約 4,500 km である。この道路システムによって処理される年間走行台キロは、地方部の全道路における総走行台キロの約 40 % に達する。

この記録のうち道路については例えば車線数、路肩幅員、中央分離帯、交差点形状、速度制限、見通しの程度等についてのデータを含んでいる。

交通に関して実際に収集された情報は、年平均日交通量および夏期平均日交通量についてのデータから成る。

事故の詳細な様子は警察に報告されている事故に関するデータを利用した。これらの事故には、人身事故と物損事故が含まれている。

データシステム

道路の幾何構造の設計要素、交通量、事故地点の状況は、位置関連システムからなる同一の関連

構成の中で決定される。これにより、事故を例えば類型あるいは負傷の度あいについて、任意に選んだ道路および交通のパラメータとの関連で研究することが可能になる。道路、交通および事故に関するデータは別々のマグネティックテープに収められた。

データシステムの構造に融通性があるおかげで、道路環境および交通特性が交通事故におよぼす影響の研究方法を選ぶさいに、大きな融通性を得ることができた。

最初の段階として、各々の道路を同種の道路の区間に分類した。これらの道路の区間は延長が異なっているが交通量、車道および路肩の幅員、路面および見通しの条件等に応じて一樣なグループに分類されたものである。その均一性の程度は考察すべきパラメータによって決まる。例えば、異なった道路および交通の区間について、単位長さあたりの事故件数を比較すると、事故発生における道路要素の重要度を評価することができる。

結 論

道路の横断構成および道路上の最小視距は、道路設計上最も重要な要素である。

図-1では車道幅員、路肩幅員および年平均日交通量の事故発生密度（事故件数/km/年で示す）におよぼす影響について示している。簡単にいえば、この図から、事故発生密度は年平均日交通量に、いいかえれば年間走行台キロにほぼ比例しているということがいえる。さらにいえることは、車道が7mで路肩が広い（2m以上）道路の事故発生密度は、車道が同じ幅員で路肩が狭い（2m未満）道路における事故発生密度より、少なくとも交通量が比較的多い段階では実質的に低いということである。また、明らかなことは、7m幅員の車道は6m幅員の車道よりも望ましく、車道を2本有する4車線分離道路は、高い規格でつくられた2車線路よりもかなり高い交通上の安全性をそなえているということである。

図-2では、事故を車両単独事故と2台以上の車両に関連した車両相互事故とに区別した。このグラフに

よれば、車両単独事故の事故密度の増加は、ほぼ年平均日交通量の一次関数であらわされる。しかしながら、この事故発生密度は正確には交通量には比例しておらず、図2-bからわかるように、交通量が少ない時の走行台キロあたりの事故件数は交通量が多い時の交通量のそれよりも多い。車両相互事故の事故発生密度は予想していた通り交通量よりも高い率で増加している。

図-3は、事故発生地点の視距が横断構成の異なる道路における事故率におよぼす影響を示している。事故率すなわち百万台キロ当りの事故件数は、視距が大きくなるにつれて狭い道路（車道幅員6.5m以下）において著しく減少しており、また、ある漸近値に接近するように思われる。道路の横断幅員が増加するにつれて、視距の事故率におよぼす影響は小さくなるように思われる。

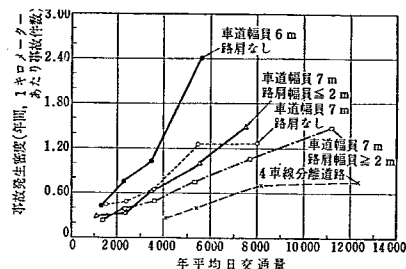


図-1 スウェーデンで最も一般的と思われるタイプの道路における事故発生密度（年間、1 km あたりの事故件数）と年平均日交通量との関係

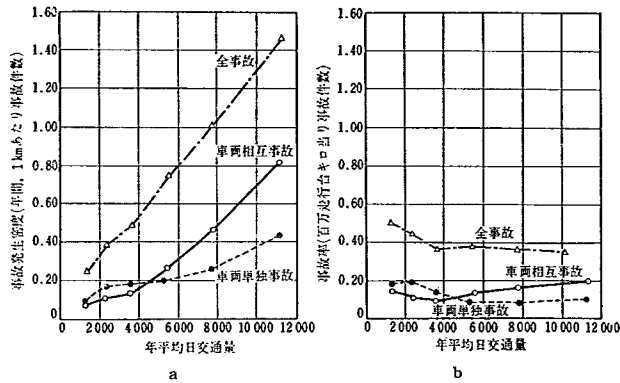


図-2 aおよびb 車道が7mで路肩の広い2車線道路について、事故発生密度(年間、1kmあたりの事故件数)および事故率(100万走行台キロあたり事故件数)を年平均交通量の関数で表わしたもの。

討 論

Asmussen は、開会を宣し、事故に対する道路安全対策の効果を調べるためにコントロールされた実験を準備することは非常に困難なことであると考えていると述べた。変数を変化させることは困難であり、可能であるとしても、一方向のみに変化させることが可能で、反対方向の変化は世論が許さないであろう。

Bennett は、シンポジウムにて説明された研究、例えば多重回帰を、予備研究と見做したいと述べた。この種の多重回帰法による研究により得られた結論を確認するため、コントロールされた実験が用いられるべきである。いくつかの実験は実施できるであろう。例えば街燈に関するもの等である。しかし、決定を行ない設備を設置する技術者と研究者との間により高度な連繋が必要である。

Rasch は、乗法ポアソンモデルが事故について適用できるかぎりにおいて、このモデルは確率化をすることなく有効な実験を実施しうる可能性を与える。“事前”の期間においては、多数の道路または道路区間を、このモデルによれば時間について一定な危険媒介変数について比較することができる。“事後”の期間においては、多数の道路について種々の測定値を導入し、危険媒介変数の相対値が変化したかどうかを調べることができる。

Wolman は、研究者および統計者の役目は技術者の助けとなることであるという点について Bennett に同意した。彼はまた、コントロールされた実験が望ましいことにも同意し、このような実験がアメリカにおいて道路局 (Bureau of Public Roads) により実施されたと述べた。困難は主

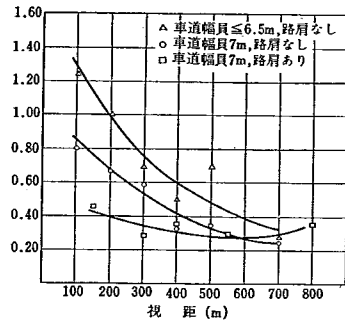


図-3 自動車事故率(交差点における事故を除く)すなわち、各種の横断構成の道路について100万走行台キロあたりの事故件数と事故地点の視距の関係

としてこのような実験を公道上で行なうことにあった。最近実施された実験は、高速道路（free-way）が合流するところの交通に関するもので、ランプの長さ等の変数を取扱ったものであった。たしかに、コントロールされた実験を実施する問題は、医学においてコントロール実験を行なうほど悪くないのではないか？

Wolmanは、Roosmak の報告書No.31 を参照して、事故を道路構成特性（geometric characteristics）に関連づける大規模な研究が、最近アメリカの州際道路網（Interstate system）について完了したと述べた。

Smeed は、事故実験の分野においては、他の分野におけるように、社交的能力が技術的能力と同様に要求される。調査員または統計担当員は、思いやりがなければならないと述べた。

Mela は、Bennettの報告書に記述された結果に対し、物理的（physical）説明をつけるのが最も望ましいと述べた。

Bennett は、Smeed に同意した。技術者は、決定を行なうために情報を必要とする。しかし、彼等はその情報を得るためには統計者を援助しなければならない。Mela に対して、彼は事故は稀で結果について物理的説明を与えることはほとんど不可能であると述べた。

交通事故および交通違反：オンタリオの 運転者についての考察

TRAFFIC ACCIDENTS AND OFFENCES : AN OBSERVATIONAL STUDY OF THE ONTARIO DRIVER POPULATION

by E.H. Brezina : Department of Transport, Ontario

道路交通事故の基礎的な資料として、人間の欠点の種類を明確にすべきことは一般的な問題となっている。しかし、運転者は、道路体系を効果的に使う責を負っているとはいえ、運転者は、あまり知られていない構成要素にすぎない。この報告では、運転者が関連した事故の対策をたてるための流行病学的な調査結果をのべたものである。我々は、あまりにも多くの努力が、目的のはっきりした定義や問題の理解なしになされておき、また、この問題に何が一番重要であるかという問題については各種の仮定のもとになされているようであり、このためにも上述した研究の指針は必要であると考え。例えば、多くの研究で、異なって定義されるような個人のグループについて、事前にこれらの指定の安定性や信頼性を考えないで、考えられる変数と事故率との関係などをとっている。

我々は、免許記録から運転者のランダムサンプリングを行ない、これらの人を対象に公式の事故記録の範囲で3ヶ年間研究を行なった。事故に含まれる範囲が非常に広がっており、3年間の運転で事故に含まれる運転者の集団は、1年間の運転記録をもととした運転者の約3倍となっている。

我々は、初歩の運転者の第1年目の運転状況を軍隊で使う手法を用いて表わし、年齢、性別に経験を積んだ運転者と比較した。

我々は、さらに、将来の事故の発生状況を知るために罪状の記録を使うのが適当かどうかを決めるため、また、運転者個人の運転をよくするため、違反をおかした運転者の罪状と事故との分布を調べた。事故を予測するための違反の回数や形態を使う相対的な価値は、多次元の線形回帰モデルで評価された。使用した方法では、罪状の記録だけから予測することの使用価値は、全体の運転者の集団の中から選ぶことを考えると、小さいように思われる。しかし、かなり高い罪をおかしたり、事故を何度も起しているような運転者のグループにとっては、本質的な問題である。

運転者の年齢および運転経験が交通事故に 及ぼす影響について

ON THE EFFECTS OF DRIVERS' AGE AND DRIVING EXPERIENCE ON TRAFFIC ACCIDENTS

by R. Ernst : Bundesanstalt für Strassenwesen, Cologne

若い運転者は、交通の当事者となっている割合に比べてかなり高い率の交通事故を引き起していることは、一般に知られている事実である。いくらかの専門家は、この主な原因は運転経験の不足であるとしているが、若い運転者に十分な運転経験を期待することは不可能である。他の著者が示したデータからは、運転経験の不足だけではなく、若い運転者の事故率を高くしている原因として、その他の年齢の影響があることが結論づけている。

我々の調査では、ある特定の高速道路での全運転者の年齢、運転経験（免許証の経過年数であらわした）、事種等の分布は、追突事故にまき込まれた運転者の分布で表わされると仮定した。というのはどんなに経験豊かな運転者でも、この種の事故からはのがれることが出来ないからである。

一般の運転者の年齢、経験についての統計から期待される分布と高速道路で調査した実際の運転者の分布とは、相異があることがわかった。

報告された事故 2,000 件の内、約 1,800 件の報告がこの調査に使われた。事故を 4 つのグループに分けた。すなわち、同一車線上の車両間の異なった速度に起因する事故（ほとんどが追突事故である）、車線間の速度の相違に起因する事故（車線変更および織込みによる事故）、車両の操じゅう不能に起因する事故（70 % は車両単独事故であり 30 % は衝突である）およびその他の事故の第 4 グループである。

ほぼ全ての年齢層にわたって、わずか 2～3 年の運転経験しかない運転者が、交通の当事者となっている割合から予測される値よりも大きいということが明確になった。運転歴についての実験的分布関数の差異は、運転者の年齢についての差異よりも明確であり、平均値も大きい。

高速道路での調査の結果、若い運転者が、交通の当事者の割合よりも多くの事故を起しているのは、運転経験が不足しているという仮定が確認された。

老年の運転者もまた、交通の当事者の割合から予測されるよりも多くの事故を起しているが、これについては、調査されなかった。差異は明確ではなかったが、傾向としてはそういうことが言えそうである。

フランスにおける交通事故の推移

THE GROWTH OF ROAD ACCIDENTS IN FRANCE
by D. Srour : Organisme National de Sécurité Routière

ここで行なった調査研究の目的は、フランスにおける将来の交通事故を推定することである。すなわち、交通事故に関連する要因（人口P、登録自動車台数V、走行台数C）の伸びを解析した。特にモータリゼーション（人口当りの自動車台数）の伸びは、次式で示すような線形の関数でほぼ正しく表わされるように思われる。

$$10^3 \times \frac{V \cdot A}{P} = 15.4t + 106.7$$

ここでV・Aは4輪自動車台数、Pは人口、tは1959年を起点とした経年数を示している。しかし、この傾向は、論理曲線がリニアな関係にある範囲、すなわち一般に経済現象の飽和点に相当するある時期までしか有効ではない。また同じような関係を、人口1000人に対する車両台数（二輪車を含む）でも示すことができる。

$$10^3 \frac{V}{P} = 18.7t + 272.5$$

これも、前と同じ年（1959年）を起点としている。

交通量の急速な増大を説明する指標として4つの重要な要素が掲げられる。このうちの3つは「絶対的」な要素である。すなわち、人口の増加に関する統計的要素、モータリゼーション率に関する経済的要素および年間平均走行キロの変化に関連する自動車使用の頻度についての要素がそれである。4番目の要素は「相対的」なもので、全自動車台数の構成の変化、特に車両は次第に二輪のものが四輪に置きかえられていくことを示している。これらの各要素を用いて説明するという観点から、フランスの全交通を次の式で表わす。

$$C = P \cdot T (\bar{D}_1 + t_2 \bar{D}_2)$$

ここでT=人口当りの車両台数

t_1 および t_2 = 四輪自動車とその他の車両の全車両に対する比

$$(t_1 = \frac{V \cdot A}{V} = \frac{V_1}{V}, \quad t_2 = \frac{V - V \cdot A}{V} = \frac{V_2}{V})$$

$\bar{D}_1$ および $\bar{D}_2$ は走間平均走行台数を示す。

この式から、各要素P, T, $\bar{D}$, t（またはF₁, F₂, F₃, F₄と表わす）の増加に応じた交通量の増加を次のようにあらわす。

$$I(i) = \frac{C^i}{C} \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

ここで $C = C(P, T, \bar{D}, t)$ は起点となる年の交通量であり、 C^i は、要素 i が、起点となる P_i から対象年の値 P^i にかわった唯一の要素であるとしたときの対象年の交通量を示す。同じような記号を、いくつかの要素が同時に働いたときにも使うことができる。

到達した結論の主なものは次のようなことである。

1959 年から 1966 年までの 7 年間に、フランスで車両が走行したキロ数は 93.3 % 増加している。これは實際上独立している 4 つの要素を多乗関数としての組み合わせから得られたものである。

— 人 口 要 素	= 10.2 %
— 経 済 要 素	= 48.15 %
— 構 成 要 素	= 13.9 %
— 車両の使用要素	= 3.8 %

(すなわち $1.102 \times 1.4815 \times 1.139 \times 1.038 = 1.933$ となる)

死者数の増加 D_1 はスミード教授の公式を用いて求められる。

$$D = \rho (VP^2)^{1/3}$$

ここで ρ はもはや定数ではなく、逆にやや増加の傾向にある。事故に関しては、自動車相互の衝突事故は $C_1^{1.5}$ に比例して増加することは注目に値する。ここで、 C_1 は当該車種の走行キロである。また、四輪の車とその他の車両との衝突は、 $(\sqrt{C_1 C_2})^{1.25}$ に比例して増加する。

交通量に対する死亡率 D は 2 つの変数 ℓ, t を含む式で表わされる。 ℓ は登録車両台数に対する四輪車の占める割合、 k は 4 輪車の走行台キロの割合である。

$$\frac{D}{C} = \frac{3 \times 10^{-4} k}{\ell^{4/3} \cdot t^{2/3} \cdot \bar{D}_1}$$

ここで t および $\bar{D}_1$ は 1 人当りの四輪車台数および当該車種の年平均走行キロを示す。 $\frac{k}{D \sqrt[3]{\ell}}$ に

についての 10 年間以上の調査で、この値に対するおおよその一定値を見出す必要がある。そこで次のように表わすことができる。

$$\frac{D}{C} (10^{-8}) = \frac{3.15}{t^{2/3}}$$

この関係式では、1 トリップ 当りの死亡率はモータリゼーション率が増加するかぎり、減少し続けるということを示している。

四輪車の走行キロ当りの死亡率のその他の車両の同じ値に対する比率 $\frac{N_1}{C_1} / \frac{N_2}{C_2}$ の伸びを調べてみると、四輪車は全輸送機関の中で危険度は最小であるが、この傾向は減少していることを示している。

これらのすべての結果は、この比率が次第に安定する傾向を明瞭に示している。1985 年までには、フランスでのモータリゼーション率はほぼ飽和点に達するであろう。全般的な安全対策の必要性が証明された。

討 論

Asmussen は、Brezina に Brezina の結果は警察の記録した交通違反のみについて言及しているので偏向または誤った結論を導くことはないかと質問した。

Brezina は、そうかもしれないと同意した。その結果のいくつかが説明的変数 (explanatory variables) により十分説明できなかったのは、多分このためであろう。

Taylor は、Ernst の報告書の第1頁にある Shelly の研究は一部 Munsch と矛盾するという注意書きに同意しなかった。(Shelly, G. B. “有資格運転者としての第1年目の運転経験の見方”, R.R.L. Report No. 149, Crowthorne, 1968, および Munsch, G. “Lebensreife und Verkehrsrreife”, Techn. Uberwach., 8, 1967, No. 3, pp. 103 - 7)。Taylor は、また Ernst が事故の原因を十分に識別できるかどうかと尋ねた。

Ernst は、満足していない、しかし、その研究においては原因を識別するよう試み、また識別することが必要であったと答えた。

Srouer は、Ernst に2つの問題を尋ねた。

(a) 若年運転者がより多く事故に関与するという理由が経験の欠除であるならば、これは、何故同じ結果が若年職業運転者に適用されないかということを、説明しないのではないか。

(b) 運転年令を下げることは正当とされるか。

Ernst は、若年運転者が高い事故率を示す結果となるのは、若さの故よりもむしろ経験の不足であると考えた。

Brezina は、彼の国は調査を準備しており、その調査では、種々の年令において運転を開始する運転者を数年にわたって調査し続け、それらの者の事故経験が異なった開始年令ごとに同じパターンを示すかあるいは異なったパターンを示すかを見ることになっていると述べた。

Taylor は、Brezina に、これは行政的にどのように取り極められるのかと質問した。インタビューを行なうのか。

Brezina は、運転者の免許、事故、有罪判決等の詳細はすべてコンピューターにかけられると答えた。Jacobi の質問に答えて、Brezina は、調査は運転者と直接接触することなく行なわれ、したがって運転者はそのことを知ることがないと付言した。

Johnson は、若者が自分自身の車を運転しているのか、あるいは親の車を運転しているのかを決定することは可能なかと質した。

Brezina は、それは可能でない。そして、それは重要な点であると述べた。