

道路交通事故の推移に関するマクロ分析

MACROSCOPIC ANALYSES OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

大蔵 泉*・片倉 正彦**・小林 晃***・鈴木 純夫****
By Izumi OHKURA, Masahiko KATAKURA,
Akira KOBAYASHI and Sumio SUZUKI

1. はじめに

わが国における道路交通事故(人身事故件数)は、昭和44年まで増加の一途をたどっていたが、昭和44年の72万件をピークにその後減少に転じ、最近4年間の減少傾向は著しい。とはいえ、昭和50年においてなお死者10792人、負傷者622467人という多数の被害者を出しており、今後とも事故を減少させる努力の必要なことは論をまたない。

交通事故は、人、車、交通環境などに関する要因が相互に複雑に作用し合って発生するものである。本研究は、これらの事故発生に関連する事故増加要因および事故減少要因と交通事故との推移を過去数年にわたって調査し、これらの要因と事故発生件数とのかかわりを定量的に分析するとともに、事故の将来予測を行って、今後の道路交通事故防止のための諸施策実施の基礎資料を得ることを目的とするものである。

一般に交通事故の統計的分析は、マイクロ分析および本研究の意図するマクロ分析の2つに分けて考察することができよう。マイクロ分析とは道路上のある地点あるいはある区間に着目し、そこでの個々の事故と環境要因との関係を分析するものであり、地点あるいは区間ごとの具体的な交通事故対策を見出すのに有効である。一方、マクロ分析は区間あるいは地域を分析対象の1単位にとらえ、そこでの事故統計と環境要因との関係を巨視的に把握するもので総合的な事故対策を見極めるのに有効である。この2つの分析はそれぞれ別個のものではなく、むしろ相互補完的なものと考えてよからう。

・マイクロ分析：マイクロ分析は事例的分析ともいうこ

とができるもので、代表的には事故多発地点等特定の地点・区間において発生した個々の事故を検討し、各事故に共通する事故関連要因を統計的に求めるものと、交通安全施設の事故防止効果を事前事後調査によって求めるものがある。従来の調査・研究の多くはこのマイクロ分析に属するものであり、有用な調査・研究報告例はきわめて多数にのぼる¹⁾。

マイクロ分析は取扱い上、次のような問題点がある。1つにはとりあげる要因以外の環境条件は調査期間中一定(不変)であるという仮定にたつため調査期間をあまり長くとることができず、このため分析に用いることのできるサンプル数に大きな制約を受けること、さらには対象地域が限定されているために分析においてはすでにその場所の特性が組込まれており、事故と環境要因との一般的な関係を導き出すのは困難であることなどである。

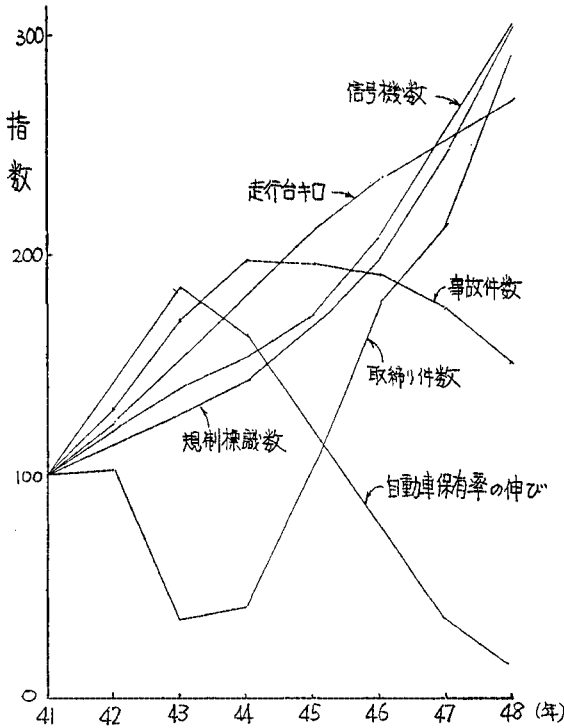
・マクロ分析：交通事故と環境要因との一般的な関係を把握するためのマクロ分析の先駆的な研究に植松・森の研究²⁾、および、交通安全施設の投資効果測定に関する研究³⁾がある。前者は道路環境要因と事故との関連性を数量化I類で分析したものであり、後者は国道における歩行者事故件数と道路交通条件との関係を重回帰分析によって求めたものである。これらの分析結果においてはいずれも常識と合致する結論が導き出されておりこの種の分析が有効であることが示された。その後近年マクロ分析に属するいくつかの研究が行われておりたとえば4)、5)、それぞれに成果があげられている。しかしながらこれらの分析の多くは地域的な変動に対する説明は一応充足されているものの、限られた期間のデータに基づいているため時系列的な変動をとらえるには必ずしも適切でない。また一方、将来予測を前提として事故の時系列推移を説明しようとした研究も行われたがたとえば6)、7)、事故件数、事故増加要因(たとえば自動車走行台キロ)および事故減少要因(たとえば交通安全施設)のいずれもがまだ年々単調に増加している時期であったため、事

* 正会員 工博 東京大学助手 生産技術研究所

** 正会員 工博 科学技術庁資源調査所

*** (株) ユニック

**** 工修 運輸省第4港湾建設局



図一 事故の時系列変動に係わる主な要因の変動パターン

故に対する各要因の寄与程度を統計解析的に分離して定量化することは困難であった。したがってこの時期においては事故発生構造の詳しい分析は行わず、代表的には自動車保有台数単一のトレンドに基づいて将来予測が行われた。

以上に見られるように、マクロ分析において不可欠と思われる地域的な変動および時系列推移両面についての説明が同時になされた研究例は見当らない。こうした背景から本研究は、交通事故および事故関連諸要因の実現値について昭和41～48年まで8年間の既存資料から得られるものを年ごと46各都道府県ごとに収集整理し、これを用いて交通事故の発生構造に関するマクロ分析を試みたものである。図一は、交通事故件数および主な事故関連要因の時系列変動を示したものである。

2. 分析に用いたモデル

本研究では総合的な事故対策の方向を導き出すためのマクロ分析として二つの異なる方法を用いた。この意図は異なるアプローチに基づく分析結果を比較することによって、分析の信頼性を確認することにある。

その第1のモデルは、シミュレーションモデルによる分析で、これは次のようなものである。

- ① まず事故関連要因を、事故を増加させる要因と減

少させる要因とに分け、事故件数の増減と要因の変動との連鎖モデルを仮定する。

- ② 次に事故変動に対する各要因の寄与率をパラメータで与える。

- ③ そして初年度事故件数（初期値）を与えてその後の事故増減量を何度かパラメータを変えて計算し、過去の実現値によく適合するモデルを設定する。

このシミュレーションモデルによる方法は、状態間の因果関係を必ずしも実証的な立場でもって記述するものでないため、全体のモデルのもつ客観性、合理性に疑義が生ずる場合もある。しかしながら今回の分析の場合、過去の実現値に基づくモデル構造の妥当性の検討が可能であるため、実証性についての問題点はある程度克服できるので、こうしたシミュレーションモデルの適用は意味をもつと考えてよいと思われる。

いま1つのモデルは、事故とその要因との重回帰モデルによる分析である。回帰分析では、モデル構造が簡単であり、取扱いは便利であるが、各変数の変動をもとに統計的にそれぞれの係数が決定されるので、変数のとり方によっては、本来事故を減少させるべき要因がモデルの上では増加要因として働いているといった種類の結論が導かれる可能性をもつ。こためモデルに組み込める説明変数は非常に制約される。

3. シミュレーションモデルによる分析

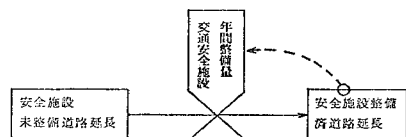
(1) モデルの構造

a) システムダイナミクス形のモデル⁽¹⁾



本研究におけるシミュレーションモデルは基本的にはシステムダイナミクス (SD) と呼ばれる因果連鎖分析モデルである。

システムダイナミクスモデルは対象とするシステムに含まれる諸要素の状態間の因果関係をとり挙げ、各要素間の関係を簡単な方程式で表現し、その集まりとして全体のシステムを表現するものである。このモデルにおいては各要素間の形づくるフィードバック関係、あるいは各状態間のもつ時間的遅れを明白に表現することができる。

シミュレーションモデルにおいて一つの状態と他の状態との間の関係はたとえば図二で示されるような形で



図二 レイトとレベルの関係の例

表わされる。すなわち交通安全施設未整備道路という一つの状態は、年々ある時間的比率で道路の安全施設整備を行うことにより整備済の状態に達する。安全施設整備が計画目標に近づけば、整備事業の速度はゆるめられるであろう。すなわち整備済道路の量という情報に基づいて年間事業量が決められるというフィードバックが存在する。図中における点線はこの情報のフィードバック関係を示している。ここで交通安全施設整備済道路の量は蓄積（ストック）として図中での  として表わされモデルにおいてはレベルと呼ばれる。また、この年々の蓄積を変化させる増減分（フロー）はレイトと呼ばれ、図中では  で表示される。レベルとレイトの関係はレベル方程式で表現され、またレイトすなわち年間の変化を示すパラメーターはそれを支配する要因（補助変数）の状態によってレイト方程式として表現される。補助変数とレイトへの効き方との関係はテーブル関数をはじめとする種々の関数を用いて表わされる。これらの関数は線形性あるいは連続性に必ずしもとらわらるものではない。

b) システムの範囲

交通事故の動向を説明するためのシミュレーションモデルを、社会システムのなかの部分システムとして作成することとし、そのモデルの対象範囲を交通事故の発生動向に直接に影響すると思われる要素に限ることとした。したがってそのため、実際の社会システムでは、多数の複雑な要素を介在して、因果関係のつながりとして大きなフィードバックループを構成すると思われる要素もモデルのシステム境界の外から他のモデルによって独立に与えられる外生変数としたものがかなりあり、ここで用いたモデルはシステムダイナミクスモデルとしての特徴の少ないオープンなモデルとなっている。

c) モデルの基本的考え方

1年間の交通事故の発生件数は、その年ごとに独立に発生した数であり、翌年には残ることのないものである。普通にはフローの概念であるが、本モデルでは交通安全施設などと同様に各期に残存するストックの概念であるレベル変数として取り扱った。

これはモデルにおいて、ある年の事故発生件数をその年の交通環境の危険度を示す状態量の実現値であると考えたためである。つまり、交通環境の危険水準を具体的に示す指標として年間事故発生件数を用いたのである。

交通環境の危険水準はその環境の状態を示すものであり、レベル変数で代表される環境に変化のない限り危険水準はそのまま次の期（年）まで持続すると仮定した。

d) モデルの作成と外生変数

シミュレーションモデルを作成するにあたって多くのシステム要素を外生的に与えることを前提とした。これ

は次に示す2つの主な理由によるものである。


1つにはこのモデルの構成要素の多くは、10年以上先の超長期の予測は別にして、すでに別のモデルによって5~10年先の予測値が求められているためそれらの予測値との整合性を保つ必要があること、もう1つにはこのモデルで交通事故発生に直接影響を及ぼす要因は、走行台キロ数を除いてほとんど政府等行政機関の施策によるものであるから、むしろ政策の影響を評価するための政策変数として外生的に与える方が望ましい場合があることによるものである。

走行台キロについては、現在のところ十分信頼に足る予測値はない。これには多くの社会経済活動が関連し、また将来の石油輸入の動向は国際的な問題にも関連することであるので、これをシステムダイナミクスによって予測することは非常に困難である。それゆえ、この値も外生変数として与えることにし、その予測値は自動車保有台数に基づいて求めた仮定の値として入力することにした。

(2) パイロットモデル

パイロットモデルの目的は、本研究のシミュレーションモデルによって交通事故の推移を説明できるかをチェックすること、およびこのモデルを46都道府県に適用することによって適合性の良好なパラメーターおよびテーブル関数を求めることである。事故増加要因としては、走行台キロ、人口、車両保有率、新規免許者数の4つを考え、事故減少要因としては交通安全施設、交通規制、取締り、事故に対する安全意識の4つを考えた。図-3はパイロットモデルのブロックダイアグラムを示す。

a) パイロットモデルの構成

図で外生変数は  で示した。各事故乗数（各要因の事故に対する影響の程度を示す量）（8つ）および増加乗数、減少乗数はそれぞれ次のように決めた。

① 台キロ事故乗数 QM ：交通事故は台キロに比例すると考え、走行台キロの対前期比を台キロの事故増加に対する効き方の程度つまり台キロ事故乗数とした。

② 人口事故乗数 $POPM$ ：交通環境の危険度は道路単位長当りの人口に比例すると考え、道路延長の人口の対前期比を人口事故乗数とした。

人口はモデル内部で出生率と死亡率から計算した。また人口の社会増減は外生的に与えた。

③ 車保有率事故乗数 $VPOPM$ ：自動車保有率の伸びはモータリゼーションの進行の程度を表わすものと考え、モータリゼーションが進行すると交通環境の危険度が増すと仮定した。アメリカの水準をモータリゼーションが飽和に近づいた水準と考え、図-4のようなテーブ

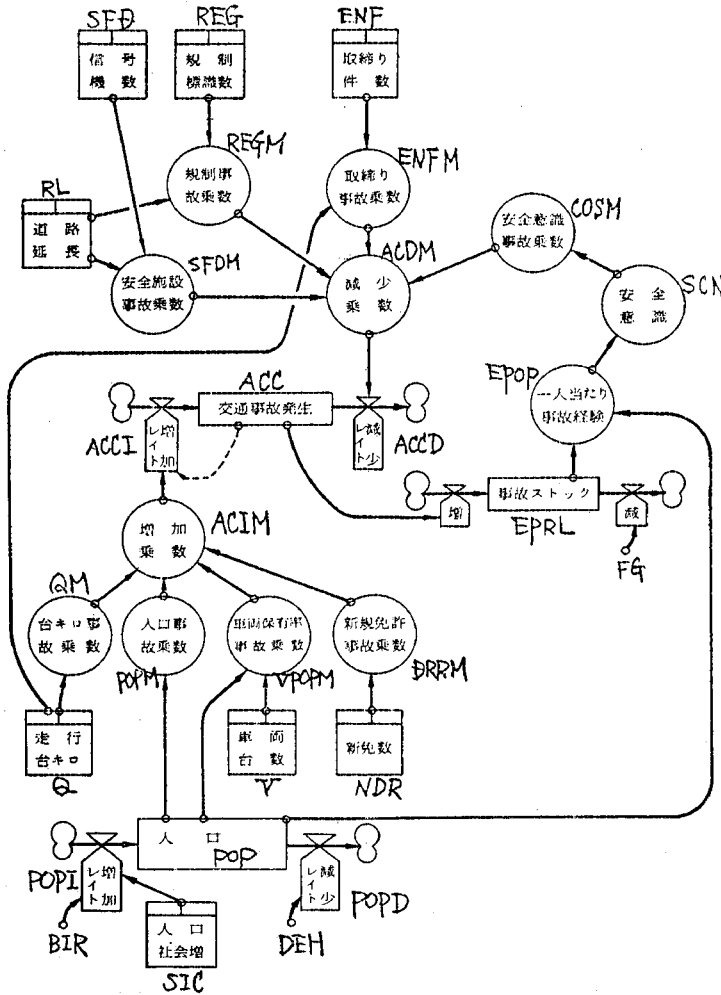


図-3 パイロットモデルのブロックチャート

ル関数を設定した。

車保有率と事故に対する車保有率効果指数との関係は、車保有率の低い時は車保有率に比例し、車保有率が高くなると次第に比例関係よりは減少すると考えるものである。車保有率効果指数に絶対的な意味はなく、この対前期比を車保有率事故乗数とする。

④ 新規免許者事故乗数 DRPM:

$$DRPM.K = (NDR.K / NFOR) \times 0.2 + 0.8$$

NDR: 新規免許者数, NFOR: 前期の NDR

免許取得1年未満の運転者の事故を起こす確率は1年以上の運転者の1.6倍であるため新規免許者が増加する場合には事故も増加すると考えられる。また新規免許者の起こしている事故は全事故件数の2割程度であることから、新規免許者数の対前期比が全体の2割の部分に比例的に影響を及ぼすと考え、上式を新規免許者事故乗数とした。

⑤ 安全施設事故乗数 SFDM: 安全施設による道路

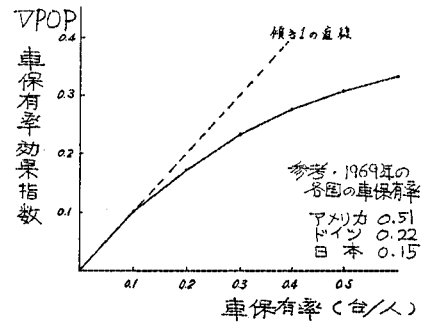


図-4 車保有率効果指数

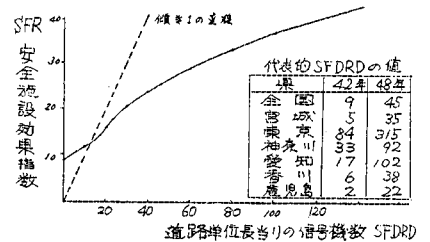


図-5 安全施設効果指数

安全水準を代表するものとして道路単位長当たりの信号機数を取り上げた。その道路安全水準への影響のしかたを安全施設効果指数とし、安全施設効果指数の対前期比を安全施設事故乗数とした。

図-5は、安全施設効果指数のテーブル関数を示す。これは道路単位長当たりの信号機数 SFDRD が大きくなると飽和状態となり事故減少効果が低下すると仮定し、また SFDRD が小さいときも事故減少効果が小さいと仮定して求めたものである。

ものである。

⑥ 交通規制事故乗数 REGM: 交通規制による道路安全水準は道路単位長当たりの交通規制標識数で代表されると仮定した。安全施設と同様な方法で規制効果指数を求めこれの対前期比を交通規制事故乗数とした。

⑦ 取締り事故乗数 ENFM: 交通取締りによる事故減少効果は、1台キロ当たりの取締り件数 ENQ の増減に比例するものと仮定し、ENQ の対前期比を取締り事故乗数とした。

⑧ 安全意識 SCN: モータリゼーションの進行や身近な事故の経験の蓄積によって、人々の間に交通事故に対する危機意識が高まり自発的な事故抑制効果を生むことは明らかである。モデルでは1人当たりの交通事故経験の蓄積量が事故減少効果を表わすと仮定した。1人当たりの交通事故経験の蓄積量を求めるためにはまず過去から現在までの事故ストックに忘却率を仮定して、次式によって T 年時点の総事故経験を計算した。

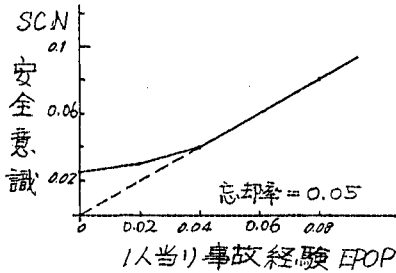


図-6 安全意識

$$(\text{総事故経験}) = \sum_{j=0}^N \{[(T-j)\text{年の事故件数}] \times FG^j\}$$

ここに FG : (1-忘却率)

本研究でデータ収集の十分でなかった昭和40年以前の事故件数については毎年10%ずつ事故が増加してきたものと仮定した。なお忘却率は経年数によらず一定とし、その値を経験的判断から本研究では5%と仮定した。この総事故経験を人口で除して1人当りの交通事故経験の蓄積量とし、これが小さい場合は安全意識の変化が少ないと仮定して、安全意識を図-6のように設定した。安全意識事故乗数 $COSM$ は安全意識の対前期比として求めた。

⑨ 事故増加乗数・減少乗数 $ACIM, ACDM$:

①~⑧に示した各要因の事故乗数に基づいて次式に示す増加乗数 $ACIM$, 減少乗数 $ACDM$ を計算した。

$$ACIM = QM^a \cdot POPM^b \cdot DRPM^c \cdot VPOPM^d$$

$$ACDM = SFDM^a \cdot REGM^b \cdot ENFM^c \cdot COSM^d$$

各乗数のベキ $a \sim d$ および $a \sim d$ は何度かの試行計算に基づいて決定した。

なお3.(1)a)に記述したレベル方程式およびレイト方程式は、たとえば次式のように表現される。

レベル方程式

$$ACC.K = ACC.J + DT \cdot (ACCI.JK - ACCD.JK)$$

(事故件数) (事故件数) (期間) (事故増加) (事故減少)
現在値 前期値

レイト方程式

$$ACCI.JK = (ACIM.J) \cdot (ACI)$$

(事故増加) (事故増) (基準増)
レイト レイト 加乗数 加率

b) パイロットモデルによる計算結果

本モデルは、時間的変化をとらえる時間単位、すなわちスキャン間隔 (DT) を1/4(年)として演算を実行した。

図-7は、シミュレーションモデルによる事故増加乗数と事故減少乗数の変化および事故件数の推定値と実現値とを表わしたものである。また図-8は事故増加乗数の各要因についての事故乗数の変化を示し、図-9は事故減少乗数の各要因についての事故乗数の変化を示す。事故増加側の要因では、新規免許と人口は説明力が小さ

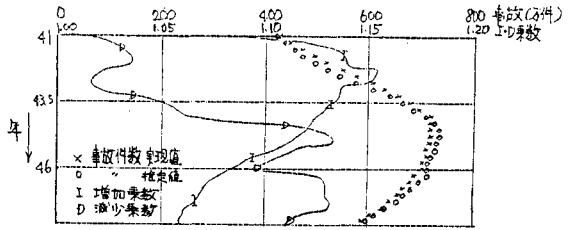


図-7 シミュレーション結果 全国 (41~48年)

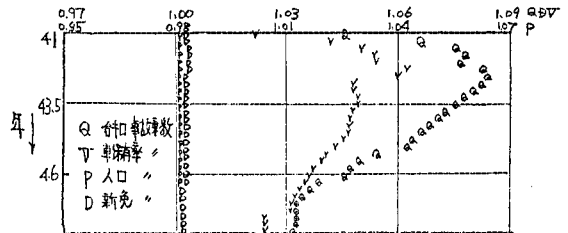


図-8 事故増加要因の動き 全国 (41~48年)

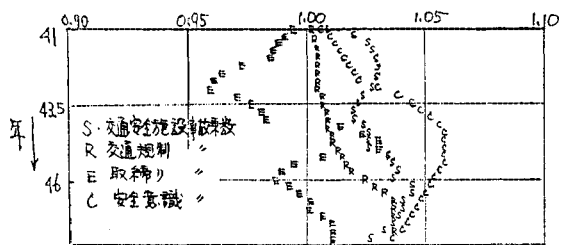


図-9 事故減少要因の動き 全国 (41~48年)

表-1 各乗数のベキ数

乗数	ベキ数	乗数	ベキ
台キロ QM	2	安全施設 $SFDM$	1.2
人口 $POPM$	1	規制 $REGM$	0.8
新規免許 $DRPM$	1	取締り $ENFM$	0.5
車保有率 $VPOPM$	1.4	安全意識 $COSM$	2.5

く、走行台キロと車保有率の説明力が大きいことが知られた。

各乗数のベキ数については、全国だけでなく県別にも適合する数値を見出すため、モデルによる10数回の計算結果と重回帰分析(4)の偏相関係数とを参考にして、表-1に示すような値を求め、これを用いた。各ベキ数の設定にあたっては、特に事故減少側要因である取締りのベキ数を増すと減少乗数の動きが不安定になることが知られたので、そのベキ数を比較的低くおさえた。各要因の事故増減への影響度については、走行台キロ、安全施設等各乗数の絶対値や変動幅が異なるため、乗数のベキ数を直接に各要因の影響度を考えることはできない。

① 各要因の事故に対する影響度

図-8および図-9に示した各乗数を重みづけした値 ($QM^a, SFDM^a$ など)の経年変化が、各年の各要因の事故への平均的な影響度を表わしていると考えられる。

個々の県について経年的に検討した結果、各要因の事故への影響度は必ずしも一定ではないことが知られた。したがってこのモデルにおいてはある時点での各要因の事故への影響度がいえるだけであって、各要因の事故への影響度を絶対値として意味をもつ一般的な影響度として示すことはできない。

② シミュレーションモデルの適合性

全国についての推定結果は図一7に示すとおり実現値とかなりよく合致している。一方各県のシミュレーション結果については多くの県において推定値が実現値に必ずしも合致していないが、事故件数の推移パターンとしては適合していることが知られた。これは雪や通過交通などの地域特性によって増加乗数と減少乗数の影響度が異なるためであると思われる。これらの地域特性を適切に表現するような説明変数を導入することによって良い推定値を得ることが可能であると思われる。

(3) メインモデルによる分析

パイロットモデルのシミュレーションによって本研究の方法で交通事故件数の時系列推移を説明できることが確かめられたので、メインモデルを作成した。これは基本的にはパイロットモデルと同じ構造であるが、各要因を細かく組み込むことによって事故件数に及ぼす各種要因の係わり合いを詳細に考慮できるようにしたものである。

a) メインモデルの構造

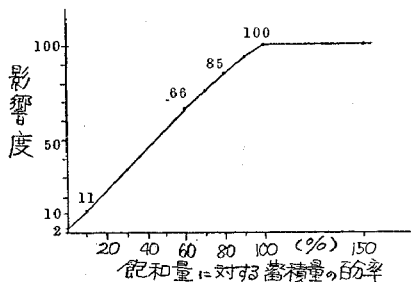
メインモデルにおいてはパイロットモデルに対し次のような相違点を持つ。

① 交通事故件数を道路形状別（交差点事故，単路部事故）および形態別（車対車事故，人対車事故）に分類した。人対車については幼児対車，青壮年対車そして老人対車の3種の事故類型を考えた。

② 車両を乗用車と貨物車の2種に分類し，おのおのの車両安全水準の向上程度を数量化し，これに基づいて走行台キロを事故当量走行台キロに換算した。

③ 新規免許者による事故増加効果は新規免許者率で走行台キロを修正する形でモデルに組込んだ。

④ 人口を幼児，少年，青壮年および老人の4つの年



図一10 施設の蓄積量と飽和量による影響度

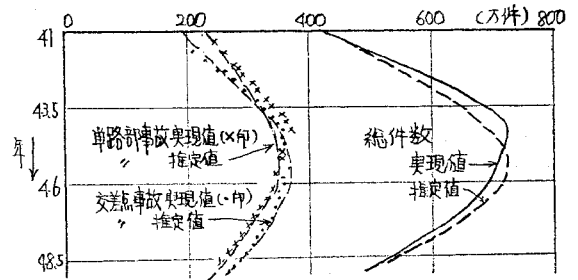
令層に分けた。

⑤ 交通安全施設はパイロットモデルで用いた信号機数のほかに歩道延長，立体横断施設数，中央帯延長，ガードフェンス延長，道路標示を考えた。各施設の蓄積量の変化による事故への影響度は蓄積量と飽和量との関係によって変わると考えて 図一10 に示すようなテーブル関数を設定した。つまり蓄積量が少ない場合および飽和状態に近い場合には中程度の蓄積量の場合に比べて，蓄積量の変化率で求める事故への影響度は低いと仮定した。

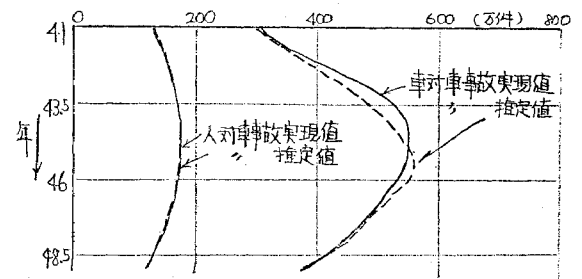
⑥ 交通規制として代表的に一時停止，右折禁止，最高速度，一方通行，横断歩道，大型車通行禁止の6種をとりあげ，これら交通規制おのおのの形態別事故分類および道路形状別事故分類に対する影響を考慮した。

b) 分析結果—実現値との適合性

メインモデルによる推定事故件数が全国事故件数の実現値によく適合するように何度かパラメーターを変えて計算を行い，実現値との合致のよいモデル構造を決定した。図一11 はモデルによる推定値と実現値との対比を形態別，道路形状別に示したものである。また求めたモデルパラメーターの妥当性を検証するためにモータリゼーションの進展度の異なる6都県についてこのモデルを適用した（図一11 (3)）。その結果推定値は絶対値としては実現値と必ずしもよい合致を示していないが，推移パターンとしてはかなり良い合致を示していることが知られる。絶対値としてモデルの整合性を高めるためには，パイロットモデルの項 (3. (2), b), ②) で説明したように，さらに地域特性を考慮する必要があると思われる。



図一11 (1) 全国事故件数推定値と実現値（道路形状別）



図一11 (2) 全国事故件数推定値と実現値（事故形態別）

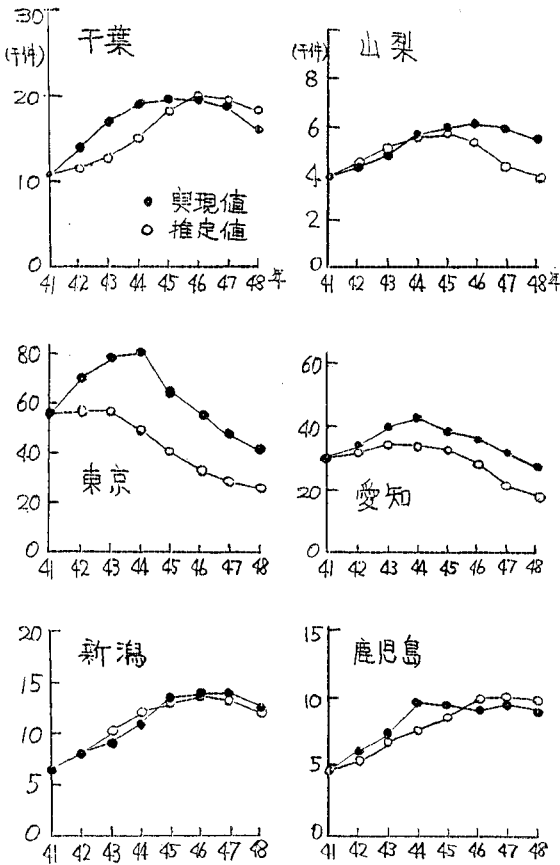


図-11 (3) シミュレーションモデルによる各県の推定値と実現値

る。

4. 回帰モデルによる分析

回帰モデルの基本的な考え方は、46都道府県における昭和42年から48年までの7年間の事故をそれぞれ各県、各年における事故関連要因によって説明しようとするものである。したがってサンプル数は $46 \times 7 = 322$ であり、各サンプルは互いに独立であるとみなされる。なお、回帰モデルにおける分析対象年数が7年間であるのは、本研究のため収集整理した8年間データのうち、説明変数として用いるデータに一部の県で欠落のあったために、1年間分のデータを除外せざるを得なかったためである。

3.で述べたシミュレーションモデルによる方法においては、初期値(初年度事故件数)が与えられて、その後の増減量だけに着目すればよかったのであるが、回帰モデルによる方法では各年の事故件数そのものを絶対値として各県、各年独立に説明しなければならない。また、回帰モデルでは明らかに事故に関係の深い説明要因であ

っても、これら要因相互の間の相関が高ければすべてを取り上げることができない。

実際の分析においては、実現値と推定値との差として求めた残差が時系列的にも(各年)、地域的にも(各県)有意な偏りのないようにモデルの構造を設定した。適用したモデル構造は線形重回帰モデルである。

(1) 分析に用いた諸変数

a) 被説明変数

一般に、多地域を対象として、各地域の交通事故の危険性を対比して表わすためには、各地域における事故件数の絶対数を地域の規模を表わす何らかの要因で基準化した指標を用いなければならない。この指標として代表的には道路単位長当たりの事故件数と単位走行台キロ当たりの事故件数との2つが考えられる。前者は道路に着目した場合の事故の危険性として、後者は車の走行に着目した場合の事故の危険性として考えることができる。

走行台キロ当たり事故件数を被説明変数とした場合には、その変動が小さいためにモデルが不安定となることがわかった。また、この場合には、走行台キロ自体の事故への影響度を捉えることができない。このため、本研究では走行台キロを説明変数の中に組み込み、被説明変数としては、道路延長に道路幅員を乗じた道路単位面積当たりの事故件数を用いることにした(件(年)/ km^2)。

b) 説明変数

各説明変数は、被説明変数と同様に各地域における変数を対比できる指標とするため次のように基準化したものを用いた。

① 自動車走行台キロ：走行台キロを道路面積で基準化した単位道路面積当たり走行台キロを用いた((千台キロ/12h)/ km^2)。

② 人口：道路延長当たり人口、つまり線密度として用いた(千人/km)。

③ 交通信号機および交通規制：事故防止対策による事故減少要因としては、交通安全施設、規制、取締りのそれぞれについて多くの要因が考えられるが、これら要因間の相関が非常に高く、これらを同時に説明変数として組んでもその結果はあまり意味をもたない。したがって、ここではこれらを代表するものとして、信号機数と交通規制標識数の相乗平均をとり、これを道路延長で基準化したものを安全施設、取締りも含めた代表変数とした(km^{-1})。

④ 新規免許者率：運転者側から見た事故率(1人当たり事故件数)にはその運転経験によって差があり、特に運転経験1年未満の者は1年以上の者と比較して1.6倍の事故率を示している。そこで次式によって走行台キロを補正するという方法で新規免許者の影響を考慮に入れ

ることとした。

$$V^* = (1 + 0.6 \times D) \times V$$

ここに

V：実際の走行台キロ

D：新規免許者率

V*：新規免許者率による走行台キロ補正を施した当量台キロ

⑤ 保有台数伸び率：モータリゼーションの進展に伴う道路交通の環境の時系列変化を示す代表的なものとして、保有台数伸び率を用いた。

⑥ 自動車走行台キロの2乗項：変数の選択過程において、自動車走行台キロについては、変数に対する回帰残差傾向から、その2乗項を導入すべきことが示された。このことは走行台キロの増加は事故の機会を増加させるとともにおそらくそれがある限界に達すると道路混雑による走行速度の減少や行動の拘束をもたらし、これが事故の減少要因として働くという事情を反映したものと考えられる。モデルの中では、1次の項との相関を低くしてモデルを安定させるためにその平均値(457千台キロ/km²)からの差を2乗した値を変数とした。

⑦ 道路密度：ここでいう道路密度とは地域の単位面積当り道路延長のことで、道路の交錯状況を表わすと考えられる。この変数は変数選択の最終過程で、地域別の残差傾向の検討から導入すべきことが示されたものである(km/km²)。

⑧ 安全意識：シミュレーションモデルで取り入れられた安全意識は、他の安全施設との相関が高いために回帰モデルには説明変数として取り入れることができなかった。したがって、安全意識はモデルの形のうえでは規制・信号によって代表されたことになっている。

表一2 総事故件数を被説明要因とする回帰分析結果

STEP	説明要因	偏回帰係数	t 値	偏相関係数	重相関係数
1	台 キ ロ*	1.79	31.34	—	0.868
2	台 キ ロ*	1.34	31.18	0.868	0.957
	人 口	5.05 × 10 ⁸	23.61	0.798	
	信 号・規 制	-0.94 × 10 ²	15.03	-0.645	
2'	台 キ ロ*	1.77	28.32	0.847	0.966
	人 口	4.86 × 10 ⁸	24.84	0.813	
	信 号・規 制	-8.98 × 10 ²	15.04	-0.646	
	保有台数伸び率 (台キロ*) ²	4.80 × 10 ²	1.99	0.111	
3	保有台数伸び率 (台キロ*) ²	-5.62 × 10 ⁻⁴	8.88	-0.447	0.970
	台 キ ロ*	1.56	23.52	0.798	
	人 口	5.09 × 10 ⁸	27.22	0.838	
	信 号・規 制	-9.23 × 10 ²	16.50	-0.681	
	保有台数伸び率 (台キロ*) ²	3.98 × 10 ²	1.76	0.100	
道 路 密 度	-4.49 × 10 ⁻⁴	7.27	-0.379		
	道 路 密 度	1.82 × 10 ¹	6.59	0.348	

(台キロ*は台キロの新規免許者率による補正値)

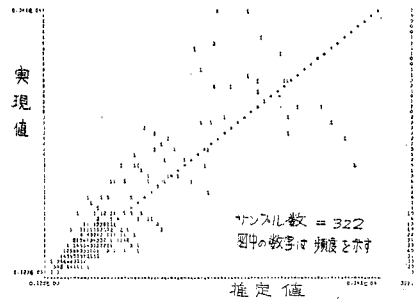
各 STEP の定数項：STEP 1 (-51.6) STEP 2 (-230.1) STEP 3 (-958.1)

(2) 総事故件数についての分析

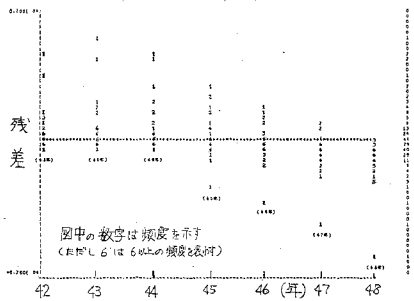
表一2 は総事故件数を被説明要因とした回帰分析の結果をその最終的な説明変数の組合せが得られるまでの変数選択過程に従って示したものである。

a) STEP 1・台キロとの単相関分析

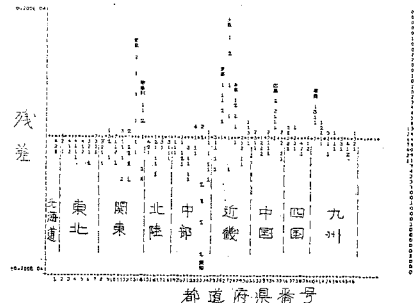
図一12~14 は事故件数と台キロとの単相関における残差傾向を示したものである。図中の数字はそこに落ちるサンプル数を示す。これらの図からわかるように台キロだけでは事故の時系列的な変動および地域的な変動を十分に説明することはできない。すなわち、時系列的な残差(図一13)は明らかに負の自己相関をもち、年とともに増加するような事故の減少要因が存在することを示している。都道府県別残差(図一14)から、モータリゼ



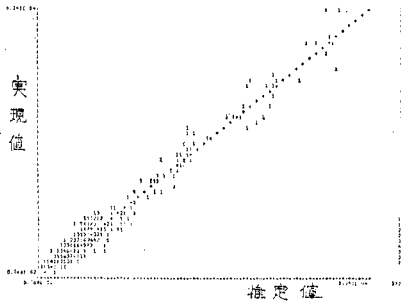
図一12 総事故件数・回帰式による推定値と実現値 (STEP 1)



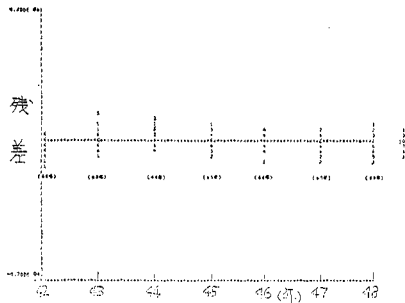
図一13 時系列残差 (STEP 1)



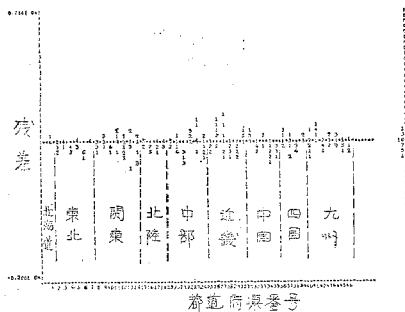
図一14 都道府県別残差 (STEP 1)



図一15 総事故件数・回帰式による推定値と実現値 (STEP 3)



図一16 時系列残差 (STEP 3)



図一17 都道府県別残差 (STEP 3)

ーションのいわば先進県にあたる各都府県において正の残差をもつものに対して、モータリゼーションの後進県にあたる各道県では負の残差をもつことがわかる。これは、先進県と後進県に特徴的なそれぞれ事故増加あるいは減少要因が存在することを示すものである。

また台キロに対する残差においては上に凸の傾向をもち、台キロに関して2次の項の導入を考慮すべきことが知られた。

b) STEP 2・3変数による線形重回帰分析

STEP 1の考察から、まず時系列的に増加する事故減少要因として信号・規制を、また先進県で大きな値をもつ事故増加要因として人口を導入した。この結果、時系列残差はかなり安定したが、まだ上に凸の傾向を示し、昭和44年において正の残差傾向をもつことが知られた。この年は、自動車保有台数の伸び率がつまりモータリゼ

ーションの進展がピークに達した時期とほぼ一致する。都道府県別残差もかなり安定したが、北海道、東北、北陸の各道県では負の残差傾向が知られた。

c) STEP 3・6変数による線形重回帰分析

以上の考察から、まず主として事故の時系列的変動を説明する要因として保有台数伸び率と台キロの2乗項を導入し、さらに地域的変動を説明する要因として道路密度を導入した。

図一15~17は、この最終的な変動の組合せによる回帰結果の残差傾向を示したものである。これによれば、時系列残差(図一16)および都道府県別残差(図一17)ともかなり安定しており、また重相関係数も0.970と高く、このモデルによって事故の時系列的な変動および地域的な変動がよく説明されたと考えてよいであろう。

予測に適用するためのモデルとしては、事故の時系列的な変動をも十分に説明し得るものでなければならないが、このような観点からしても、ここで得られた回帰モデルは今後の事故動向を予測する上で一応有効なものであると考えてよいであろう。

(3) 事故形態別事故件数についての分析

本研究では歩行者事故と自転車事故の合計件数を人対車事故件数、これ以外を車対車事故件数と呼ぶことにし、この2形態について形態別事故の回帰分析を試みた。なお、昭和42年から昭和48年までの各年について人対車事故件数が把握できた43都道府県(石川、奈良、鹿児島を除く)を分析の対象とした。

この結果、前節で得られたSTEP 3の回帰構造によって、形態別事故の変動をもかなりよく説明できることがわかった。表一3にこの分析結果を示す。いずれもか

表一3 形態別事故件数を被説明要因とする回帰分析結果

(1) 人対車

説明要因	偏回帰係数	t 値	偏相関係数	重相関係数
台 キ ロ*	5.81×10^{-1}	17.60	0.716	0.960
人 口	1.79×10^3	19.65	0.753	
信号・規制	-3.54×10^2	13.01	-0.604	
保有台数伸び率	1.36×10^2	1.20	0.070	
(台キロ*) ²	-3.77×10^{-6}	0.12	-0.007	
道路密度	5.72	4.12	0.233	

(2) 車対車

説明要因	偏回帰係数	t 値	偏相関係数	重相関係数
台 キ ロ*	9.51×10^{-1}	19.51	0.751	0.960
人 口	3.32×10^3	24.70	0.821	
信号・規制	-5.83×10^2	14.49	-0.645	
保有台数伸び率	1.92×10^2	1.14	0.067	
(台キロ*) ²	-4.39×10^{-4}	9.63	-0.490	
道路密度	1.44×10^4	7.01	0.378	

定数項: 人対車 (-326.1), 車対車 (-552.3)

サンプル数: 43 県 × 7 年 = 301

表一4 交通環境要因の将来予測値の組合せとそれに基づく事故件数予測値(全国)

交通安全施設・規制・取締り		定 量 増				定率増	一 定(現状維持)			
保有台数(万台・昭和55年)		3700		3200		3200	3700		3200	
台キロ(万台キロ・昭和55年)		67891	57397	58337	52592	52592	67891	57397	58337	52592
ケース番号		1	3	5	7	12	13	14	15	16
昭和55年における 全国交通事故件数 予測値(万件)	シミュレーションモデル	436	357	335	298	196	720	607	569	514
	回帰モデル	471	319	325	237	—	852	700	705	617

注：1. 交通安全施設等：定量増……昭和49年以降の各年の事業量が一定
 定率増……昭和49年以降の各年の蓄積量は前年に対し定率的に増加
 一 定……昭和49年以降新事業は行わず現状維持
 2. 保有台数：昭和55年に約3700万台(A)，約3200万台(B)
 3. 走行台キロ(万台キロ)：昭和55年，保有台数Aの場合の予測値 67891(A1)，57397(A2)
 保有台数Bの場合の予測値 58337(B1)，52592(B2)

なり高い重相関係数(0.960)が得られていることが知られる。事故要因を事故形態別に比較した場合もっとも特徴的なことは、台キロの2乗項の事故の変動に対する影響度が偏相関係数で判断すると車対車事故において特に大きいということである。これは4.(1)に述べた混雑度による事故減少効果が車対車事故において特に強く作用しているものと考えられる。また、信号・規制は両形態ともに大きな事故減少要因として作用しているが、特に人対車事故についてはその事故減少の大部分がこれによって説明されていることが知られる。道路密度は特に車対車事故において台キロ、人口とともにその地域的な変動を説明する要因として有意なものと考えられる。

なお回帰構造は各説明変数による線形重回帰モデルであり、被説明変数としては4.(1)に述べたように道路単位面積当たりの形態別事故件数を用いた。

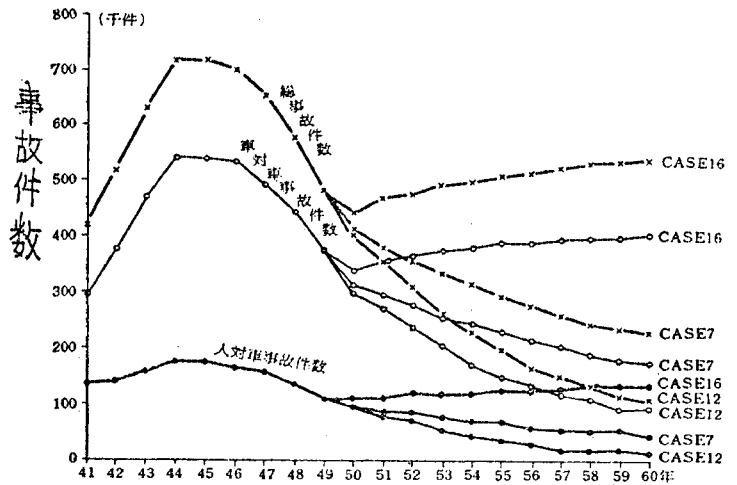
5. 交通事故件数の将来予測

シミュレーションメインモデルと回帰モデル(STEP 3)とを用いて昭和50年以後の全国交通事故件数の予測を行った。

a) 予測方法

諸変数の将来予測値については、関係各省庁や機関で検討されている予測値の中から、楽観的予測値および悲観的予測値を抽出して用いた。表一4は予測計算に用いたこれら諸変数の代表的な組合せと諸変数の予測値について示したものである。

諸変数のうち走行台キロについては、予測値が存在しないため2つのケース、つまり昭和49年時点の1台当り平均走行台キロが将来も実現すると仮定した場合(A1, B1)、これに混雑度の影響を考慮した場合(A2, B2)



図一18 シミュレーションモデルによる事故件数予測値 (メインモデル・全国)

に基づく予測値を用いた。

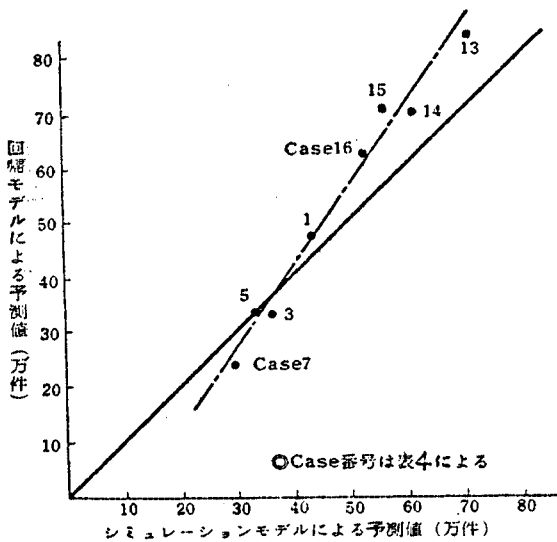
b) 予測結果

図一18は、シミュレーションモデルによる代表的なケースについての予測結果を時系列的に示したものである。回帰モデルの結果についてもこれとほぼ同じ推移パターンが得られた。表一4には両モデルによる昭和55年全国交通予測件数を合わせて示した。自動車安全水準は回帰モデルには考慮されていないので、回帰モデルによる将来予測値は自動車安全水準が将来ともに過去とほぼ同様な推移傾向で向上するという前提に立ってのものとなる。シミュレーションモデルに基づく予測値によると、もっとも悲観的な推定はケース13で、この場合事故発生件数72万件と予想される。

もっとも楽観的な推定はケース12で、この場合事故発生件数19.6万人と予想される。

c) 両予測モデルの比較

図一19は、回帰モデルとシミュレーションモデルによる2つの昭和55年全国事故件数予測値を、対応するケースについて比較したものである。



図一19 シミュレーションモデルと回帰モデルとによる昭和55年全国事故件数予測値の比較

図一19を見ると、両モデルの昭和55年全国全事故予測値はかなり良好な合致を示していることが知られる。しかし、回帰モデルによる予測値の方が全般に事故説明要因の変化に対して敏感で、ケースによる予測値の変動が大きい。この理由は回帰モデルに安全意識を取り込めなかったことによるものと思われる。安全意識は事故件数の累積量と忘却率とによって決まる変数として定義されており、他の外的な増減要因とは独立した、いわば事故に対する自律的なネガティブフィードバック機能を果たすものである。シミュレーションモデルからの推定によれば、安全意識値は、過去においては事故の増加が著しかったために安全施設などとほぼ同様な増減傾向を示したが、昭和50年以降はあまり大きな増加はしないという傾向を持つ。しかるに回帰モデルにおいては、過去において安全意識と安全施設などとの相関が高かったがゆえにモデルの中に安全意識を取り込むことができず、したがって信号・規制の説明変数によって代表させるという形にならざるを得なかった。このために、信号・規制の将来推定値を大きく設定すれば同時に将来安全意識も自動的に高く設定することになってしまう。このことを考慮すれば 図一19 において信号・規制（安全施設などの代表としての）が定量増の各ケースではシミュレーションモデルより回帰モデルの方が一般に小さな予測値となり、一定（不変）のケースでは事故は増加するのに安全意識も不変という前提で計算されるということが理解できよう。

以上の考察からすると、極端に楽観的あるいは悲観的なケースにおいて両予測値の違いがあるときはシミュレーションモデルによる予測値の方により信頼が置けそう

であるといえる。中庸のケースについては両予測値は、かなりよい合致を示す。したがって、少なくとも中庸の想定における将来予測値に関しては回帰モデルとシミュレーションモデルとは互いにその妥当性を確かめ合うことができ、信頼度を高めることができたといえよう。

6. ま と め

(1) 事故予測モデルの検討

本研究においては、システムダイナミクスを応用したシミュレーションモデルと、統計解析的な回帰モデルとの2つのモデルによって事故推移動向の説明と将来予測とを行った。

これら2つのモデルの間のもっとも大きな相違点は、事故経験の蓄積によって自律的な事故防止作用としての安全意識要因の取り込み方にある。この要因は事故の推移動向にかなり大きな影響を持つにもかかわらず、過去において安全施設などとの相関が高いために回帰モデルにおいてはその本質的な制約上独立な説明変数として取り込むことができなかった。これに対してシミュレーションモデルにおいては要因間相関による制約がないので、独立な説明変数として取り込むことができた。

両モデルともに、過去の事故推移動向をかなり良好に説明することができ、また両モデルによる将来予測値（昭和55年）は、かなり良い合致を示した。このことから、いずれのモデルも事故予測モデルとしては妥当性を持つものと考えてよいであろう。しかし、安全施設、規制等の安全対策の将来推定値が極端に楽観的あるいは悲観的な場合については、両モデルによる事故予測値は多少の差異を示した。この差異は主として上述の安全意識要因の扱いの相違に起因するものであり、このような場合の予測値としては、シミュレーションモデルの結果の方により信頼性があるものと考えてよいであろう。

(2) 事故増減要因の事故への影響度

事故関連要因の大部分は、単純にその値が比例的に事故に影響を及ぼすとは考えられず、かなり複雑な影響の形態をとっているようである。たとえば走行台キロは、その値が小さいうちはほぼ比例的に事故の増加要因として働くが、値が大きくなるにつれて増加要因としての影響力が衰えてくる。また、安全施設などの事故防止策についても、あまりに整備水準が低い状態では事故防止力は徹々たるものであるが、逆にある限度を超えて整備しても収穫通減の法則によって、その効率は低下すると考えられる。したがって、一般性を持った表現として各増減要因の影響度を定量化することは困難であった。

なお本研究は総理府交通安全対策室の協力のもとで交通事故件数の長期予測方法の開発，研究を行った際の所産であり，資料収集などについては総理府交通安全対策室，関係省庁の協力を得た。

本研究においては，表記4名に越 正毅（東京大学助教授 生産技術研究所），中村英夫（東京大学助教授 工学部土木工学科），および井口雅夫（日本航空）を加えた計7名が実際の研究に携わっており，この7名が事実上の著者であるといえる。越および中村が研究全体の構成およびとりまとめを主に担当し，片倉，鈴木および小林がシミュレーションモデルの開発を，大蔵および井口が回帰モデルの開発を主にそれぞれ受持った。

参 考 文 献

- 1) 過去に行われた事故に関する調査研究の文献とりまとめた例に次のものがある。
「幹線道路および主要交差点における交通事故防止 対策研究報告書」，昭和50年2月，交通工学研究会。
- 2) 植松俊夫・森 尚夫：交通環境から見た事故の統計分析，科学警察研究所報告，8巻1号，1967年3月。
- 3) 日本交通安全協議会：交通安全施設の投資効果測定に関する研究，昭和44年3月。
- 4) 道下明春：交通事故の分析について，交通工学，9巻4号，1964。
- 5) 斎藤和夫・石井憲一：交通事故発生の変動に影響する要因のマクロ分析，第25回土木学会年次学術講演会，1970.11。
- 6) 経済企画協会：交通事故長期予測調査（昭和43年度・総理府交通安全研究調査），1969.4。
- 7) 交通工学研究会：交通事故発生数の長期予測に関する調査，研究報告書，1971.3。
- 8) 交通事故発生件数の増減に関する要因の調査—交通事故発生数の長期予測—，昭和50年3月，内閣総理大臣官房交通安全対策室。
- 9) 交通安全対策基礎資料，昭和49年10月，内閣総理大臣官房交通安全対策室。
- 10) たとえば，ジョイ・W・フォレスト著：ワールド・ダイナミックス，日本経営出版会。

(1975.6.18・受付)