

都市高速道路交通安全対策案作成方法 についての比較研究

Methods for Traffic Safety Planning on Urban Expressway

秋山 孝正*, 佐佐木 綱**

By Takamasa AKIYAMA and Tsuna SASAKI

The purpose of the study is to investigate methodological aspect of traffic safety planning on urban expressway. The traffic accident countermeasure is conceived to be a combination of detailed alternatives carried out at each location which represents the route of urban expressway. Four methods for planning are introduced according to F.H.A. report. The methods are simple benefit-cost ratios, incremental benefit-cost analysis, dynamic programming and integer programming. The algorithms are shown respectively for solving actual traffic safety problem. Merits and demerits of the methods are considered comparatively with numerical examples whose data are obtained from Hanshin Expressway.

Keywords: Traffic Safety, Countermeasures, Urban Expressway

1. はじめに

近年、わが国の道路網は整備拡充が行われ、高速道路、一般国道などの充実が一層すすんでいる。反面、交通需要量も年々増大し、これが原因となって多くの道路交通事故が発生しており、依然として道路交通における重大な問題である¹⁾。一般の街路はもちろん都市高速道路においてもその使命とされる円滑・快適・安全な走行という点を考えるとこの問題は重要であり、これを正確に認知しどのような方法で解決にあたるかを検討すべきであると思われる。

本研究においては、こうした都市高速道路におけ

る交通安全対策の立案を効率的に行い、かつ有効な対策案とする手順について、具体的に方法論的な検討を行うことを目的としている。これは、今後の交通安全対策立案の上で一層重要となると考えられる。

また対象を都市高速道路とするため、いくつかの点の考慮を必要とするが、特に予算の内で各対策案の費用と便益からを用いた検討を試みる。そこで本研究では、つぎのような手順で述べることにする。

まず第2章では、都市高速道路の交通事故発生の実状を分析するとともに安全対策案立案の基本的手順をのべる。第3章では個別の安全対策代替案の組合せである安全対策代替案の作成方法について考察する。第4章では、実際の安全対策計画への適用を目指して、阪神高速道路を例としてとりあげ、数種の個別代替案をからここに示す各方法によって、安全対策案立案を方法を検討する。最後にこれらの方法論の系統的な比較整理を行い結論とする。

* 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)

**正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)

2. 都市高速道路の交通安全対策

2.1 都市高速道路の交通事故

ここでは都市高速道路で発生する交通事故・故障車の発生についての現況を把握するために、阪神高速道路のいくつかの集計結果の基づく検討を行う。

まず昭和61年度の阪神高速道路大阪地区で発生した交通事故の件数を集計したものが表-1である。

この表よりわかるように交通事故は阪神高速道路の大阪地区では月平均すれば384件程度の発生がある。人身事故などの大きな交通事故は少ないものの、事故全体の発生頻度は非常に高く、ほぼ毎日いずれかの地点で発生していると考えられる。

さらに、同表中の交通事故の態様別の内訳を見ると、追突、施設接触が主要なものであることがわかる（両者で70%以上）。これらの態様が多いことは、一般に交通事故が複数の車によって生じることが多く、高速道路の閉塞程度に与える影響が大である可能性が高いことを示すものである²⁾。

つぎに交通事故の発生原因についても、同表の原因別集計からみることができる。この場合には、前後方不注意、車間距離不適當、ブレーキ・ハンドル操作不適當、などが主要な原因となっている。こうした原因をみると、基本的に運転者の過失による人為的なものが多く、この点からみて今後の交通安全対策として運転者の安全意識向上が望まれる。

2.2 交通安全対策立案手順

わが国においては、一般に交通事故に対してすでに多くの具体的方策について検討されているが、現在では、第4次交通安全基本計画にのっとり問題解決が図られている。そしていくつかの重要な点は、①車両の運転者に係る施策を充実、②安全快適な交通環境づくり、③車両の安全性を確保、④交通安全思想の高揚、⑤地域の実情に即したきめ細やかな対策の実施、⑥交通事故被害者救済対策などである。

一般に、このような目的を達成するために行われる具体的な安全対策立案過程としては[1]交通事故発生状況の分析、[2]安全対策の必要性の検討、[3]交通安全対策の策定、[4]交通安全対策の実施という手順で検討することが多い³⁾。ここで、従来の

表-1 阪神高速道路交通事故集計結果

様態別集計結果		原因別集計結果	
追突	2350(51.1)	前方不注意	1447(31.4)
施設衝突	1009(21.9)	車間距離不適當	1173(25.5)
接触			
車両衝突	958(20.8)	ブレーキ・ハンドル操作不適當	916(19.9)
接触			
横転転覆	58(1.3)	脇見運転	556(12.1)
その他	227(4.9)	その他	515(11.2)
合計	4602 (大阪地区昭和61年度)		

交通事故に関する研究ではこのような手順のうち、[1]、[2]に対応する事故発生に関する研究が多く、交通事故の発生メカニズムの分析⁴⁾あるいは統計的な交通事故発生危険性抽出の研究が従来より行われている。また交通事故の影響の評価、損失の算定などについてはすでにいくつかの研究が行われている^{5)~7)}。また交通事故の評価と安全対策の策定についてもすでに、全体的な手順と方法に関する基礎的研究が行われ、若干の成果をあげている^{8)・9)}。

こうした研究に加えて、実際の交通安全対策案策定方法の検討も重要な一面であり、さまざまな点から実行可能性を検討する必要がある。

本研究においては、事故発生に関する詳細な分析および交通事故の評価は他の研究に譲り、現実に行可能で効果のある交通安全対策の立案方法の検討を行うことを目的とする。したがって、上記のプロセスにしたがえば、[3]について検討することになる。特に対象を都市高速道路とした場合の問題性質を考えるとともに対策案策定方法を、路線ごとの個別対策案の組合せとして考えることにする。この点については次章で具体的に述べる。

3. 交通安全対策代替案の作成

3.1 各種定式化とその解法

ここでは、交通安全対策代替案の構成要素、すなわち各地点における詳細な個別計画に関して、その計画実施で生じる費用および事故低減効果が貨幣額により計上されているとき、これらの組合せとして全体の交通安全対策案を作成する場合を考える。つまり計画目標として、「交通安全対策に要する予算

の上限を持ち、この範囲内で効果的な代替案を求めること」である。具体的には、表-2に示すような交通安全対策案について検討することになる。この表で各行に挙げられているものが個々の地点の安全対策案とこの対策を実施した際に予測される費用と便益である。この正確な費用・便益をあらかじめ求めておくことは難しいが、いくつかの研究成果などからある程度の算出が可能である⁵⁾⁻⁷⁾。

また都市高速道路における交通安全対策は路線を単位とするためこのようにまとめられている。たとえば環状線では、3種類の対策案があるとみなすことができる。ここでの決定問題は、「ある予算内で本表中に挙げられているそれぞれの対策案から路線ごとに適当な対策案を抽出し、この組合せとして全体の安全対策案を作成する」というものである。

このような問題について、米国の連邦道路局 (F. H. A. : Federal Highway Administration) の報告書に具体的な考え方が示されている¹⁰⁾。

これによればこのような代替案設計には、①便益費用比による方法、②増分便益費用分析による方法、③動的計画法を用いた方法、④整数計画法を用いた方法が挙げられている。本研究においても、これらの方法論について具体的な検討を行う。まずそれぞれの手法の定式化とその解法の簡単な説明を行う。

3.2 便益費用比による方法

この方法は従来からプロジェクト評価で一般によく用いられている便益費用比 (Simple Benefit-Cost Ratios) を用いる方法である。したがって個々の安全対策についてそれぞれ実施に要する対策費用 (C) とこれにより得られるであろう便益 (B) との相対的な比を基準として評価するものである。その計算方法を以下に示す。

[計算手順]

- ①それぞれの対策に対して費用便益比 B/C を計算し、この値の大きい順に並べかえる。
- ② B/C の値の大きい順に対策案を採択する。
- ③対策案の採択中に同一路線の対策がすでに採択されている場合には、先に採択された案 (B/C が大のもの) を残し、つぎのステップに進む。
- ④すでに採択された対策案の費用の合計を予算額と

表-2 交通安全対策代替案の例

路 線	対策案	費 用	便 益
環 状 線	1	〇〇円	〇〇円
	2	---	---
	3	---	---
⋮	⋮	⋮	⋮
東大阪線	1	〇〇円	〇〇円
	2		

比較し、これをを越えた場合には、次の対策の採択は行わず計算は終了する。またこの値を越えない場合には、②に戻り順次対策案の採択を行う。

このアルゴリズムからもわかるように、計算手順としては比較的簡単なものである。

3.3 増分便益費用分析による方法

この方法 (Incremental Benefit-Cost) は、個々の案の比較検討の指標を費用と便益との関係から求める点は前述の方法と同様な考え方である。ここでは費用と便益の限界的な変化を見るためにその増加分により検討するものである。すなわち、ある案に対して別のコストの高い対策案を採用した場合の増分費用 (Incremental Cost: ΔC) とそれにより発生する増分便益 (Incremental Benefit: ΔB) から評価を行うものがある。

[計算手順]

- ①路線ごとに実施費用 (C) の小さい順に個々の対策案を並べかえる。
- ② R_{ij} すなわち、全対策案相互間の増分費用便益比 ($\Delta B/\Delta C = [B_{ij} - B_{ij-1}]/[C_{ij} - C_{ij-1}]$) を求める。
- ③もし $R_{ij} < R_{ij+1}$ のときは R_{ij+1} の代わりに R^*_{ij+1} すなわち平均増加費用便益比を代用する。(このとき、なお上記の条件を満たすような場合には、 R^{**} を順次求める。)
- ④ R_{ij} の大きい順に対策案を採択する。ここでも代替案の組合せが予算制約内で決定されるように、また同一路線では、できるかぎり便益の大きい案が採用されるようにする。

この方法の増加便益-費用に関する計算メカニズムについては、図-1に示すようである。この場合

2つの対策案があるが、費用の増加とそのときの便益から本図に示すような関係を描くことができる。ここで定義により、 R_1 は直線OPの傾きであり R_2 は直線PQの傾きである。本図の場合には $R_2 > R_1$ であるから、アルゴリズムにしたがえば、 R_2 の代わりに R_2' （すなわち図中の直線OQの傾き）を用いるわけである。この計算過程は「費用の増加に伴ってより便益を増加させることが可能な対策案を抽出する」という作業を行うものと解釈することができる。

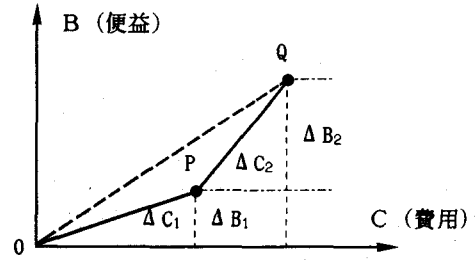


図-1 増分便益費用分析の計算

3.4 動的計画法を用いた方法

この方法 (Dynamic Programming) は「一定の予算内で実現される便益を最大にする。」という点から数理計画法として定式化したものである。特に各路線から適当な対策を抽出するという段階的な発想を持つ決定問題には有効である。実際の定式化は以下のようになされる (第 n ステップの定式化)。

$$f_n(S_n) = \max \{r_n(S_n, d_n) + f_n(S_{n-1})\} \quad (1)$$

$$S_{n-1} = S_n - C(d_n) \quad (2)$$

ここに

S_n : n ステップにおける総費用

d_n : n ステップでの選択対策案

$f_n(S_n)$: n ステップにおける最大全便益

$r_n(S_n, d_n)$: 総費用 S_n で d_n 案を採用した際の便益

$C(d_n)$: d_n 案実施に要する費用

[計算手順]

①各ステップにおいては、費用 S_n で実行可能な対策案 d_n を採択し、この $r_n(S_n, d_n)$ と残り費用の S_{n-1} から求めた $f_n(S_{n-1})$ [式(2)] との和が最大となるものを $f_n(S_n)$ とする [式(1)]。

② $f_n(S_n)$ のなかで最大のものを最大便益とする。

③以上の手順を順次第1ステップ (第1路線) から第 n ステップ (第 n 路線) にいたるまで計算する。

この方法は、数理計画法としての定式化のひとつであり具体的な解法手順は一般のDPの手順と全く同様である。ここで実用的な視点から注意すべき点は、①各ステップの定式化において、路線ごとに「対策を実施しない」つまり費用、便益とも0の対策案を加えておくこと、②各ステップの費用は適当な単位費用を考慮して段階的に検討していくことである。

3.5 整数計画法を用いた方法

この方法 (Integer Programming) も数理計画的な方法である。この場合には、それぞれの案を「実施するかしないか」を決定することを定式化の考え方としている。すなわちそれぞれの案の実施の有無を変数とし、この値の0か1を決定することで対策を抽出しようとするものである。これは具体的には以下のように定式化される。

$$\max \sum_i \sum_j b_{ij} x_{ij} \quad j \in J: \text{各路線での案の集合} \quad (3)$$

s. t.

$$\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \leq B \quad i \in N: \text{検討路線数} \quad (4)$$

$$\sum_k x_k \leq 1 \quad k \in G: \text{各路線での実行可能案の数} \quad (5)$$

$$x = 0, 1 \quad (6)$$

x : 各対策案の選択変数、 b : 便益係数、 c : 費用係数、 B : 予算制約である。

これはいわゆる0-1整数計画問題といわれるものであり、その解法には「バラスの間接列挙法」を用いることができる。一般にバラスの方法で解かれる問題は最小化問題であり、正係数をもつ目的関数の解法を行うものである。本研究で取り扱う問題は、正の係数の目的関数最大化問題 (便益の最大化) である。したがって最小化問題として解く場合には目的関数の変数の係数はすべて負になる。そこで変数を $y_{ij} = 1 - x_{ij}$ とおくことによって変数の係数を正にした後にこの方法を適用することができる。具体的なバラスの方法の計算手順を以下に示す¹¹⁾。

[計算手順]

① Z に f の取り得る最大値をいれておき、 S に

は空ベクトルをいれる。

- ②. a Sを制約条件式に代入して適合しなくなる制約条件があるかどうかを調べる。
- ②. b 適合しなくなった制約条件式内にあり、正の係数を持ち、かつSに付け加えたときfの値をZより大きくしないjを選ぶ。
- ②. c ②. bで選ばれた各変数のすべてを1にしてもまだ適合しなくなる制約条件があるかどうかを調べる。
- ②. d ②. bで選ばれた各変数を1つずつ1にすることによってすべての制約関数の和を計算し、この和を最大にするような変数を選んでSに付け加える（その変数を1にする）。
- ③ 得られた実行可能解に対するfの値はZより小さいかどうかを調べる。
- ④ ここで得られた実行可能解に対するfの値をZに代入する。
- ⑤ S内の要素の中で最も右にある（最後に解集合に付け加えられた）“－”（マイナス）をもたない要素に“－”をつけてその変数の値を0に戻す。すなわちその変数を解集合からのぞく。そしてその右側の要素を落とす。
- ⑥ S内の要素にすべて“－”がついているかを調べる。

ここでは、0－1整数計画問題となるためこのような解法を示したが、一般の整数計画の解法を用いても解くことも当然ながら可能である。

4. 都市高速道路の交通安全対策案作成

4.1 都市高速道路の安全対策

都市高速道路では各種原因の交通事故が発生する。交通事故は偶発的事象でありいかなる場所においても発生する可能性がある。しかし道路の構造上の問題や過大な交通量が事故の発生する原因となっている場合も多く、このような場合、事故が多発地点はある程度限定できる。ふつう事故多発地点は統計的な分析から得られる場合が多い。実際阪神高速道路公団においてもいくつかの交通事故多発地点があげられている。一般的には曲線部、合流部、分岐部での交通事故が多いとされる。したがって個別の地点ごとに交通安全対策が考えられるが、道路構造に原

因が求められることが多く、いくつかの安全施設の整備を行う場合が多い^{12)・14)}。

そこで、これらの場所に設置する安全施設とその1箇所の設置に要する費用を示したのが表－3である

表－3 交通安全施設とその費用

各部	対 策	記号	費 用
曲 線 部	赤色点滅燈の設置	C ₁	1 0 0
	警戒標識の設置	C ₂	7 8
	注意標識の設置	C ₃	7 0
	路面標示	C ₄	3
	垂直面表示	C ₅	1 5 0
分岐 部	路面標示	D ₁	3
	クッションドラム	D ₂	1 3
合流 部	路面標示	G ₁	3
	レーンデバイダ	G ₂	2 0

(単位：万円)

る。本表からもわかるように、曲線部においては比較的多くの対策がある。また分岐部、合流部では特別施設の設置が行われる。これらの施設の概要と設置目的等について以下に簡単に説明する^{3)・13)・14)}。

①赤色点滅燈

曲線部などの走行上危険と考えられる箇所に設置し、運転者の注意を喚起するために、赤色燈火の点滅によってこれを知らせるもの。

②警戒標識

運転者に対し道路上、沿道の危険または注意すべき状態を予告し、必要な減速や注意深い運転を要求するもの。道路構造の補完的役割を果たし、道路の屈折、幅員、車線減少箇所、急勾配・横風、道路工事、合流地点などを示す。

③注意標識

いわゆる補助標識に属するものであり、中央分離帯などに設置され、利用者の走行に対する注意を喚起するために設置されるものである。

④路面標示

交通を整理、誘導、規制するために舗装路面上に設置される白色または黄色の標示で、車道中央線、車線境界線、導流標示などがある。高速道路では分岐・合流を示すものが多い。

⑤垂直面標示

道路内にあり車両の進路変更の必要のある構造物、また道路外で走行車両の側方余裕を少なくしている構造物、車両が路外に逸脱した場合、衝突の危険のある構造物等の前面に標示する。高速道路等では、フェンス面に45°方向に黄色と黒色の交互の縞で標示されるものが多い。

⑥クッションドラム

道路の付属施設であり、衝突時の衝撃を和らげるためのものである。円筒状をしたものが多く、ふつう複数個同時に設置される。

⑦レーンデバイダ

同方向の交通流を分離するための分離帯。側道との間にある外側分離帯と異なり、その両側における交通の性格は本質的に同じものである。

4.2 個別対策案の作成

本研究においては、阪神高速道路において報告されている事故多発地点を参考に交通安全対策の個別案を作成した。阪神高速道路の主要路線としては、環状線、守口線、空港線、神戸西宮線、松原線、堺線、東大阪線の7路線を対象路線とし、上下線の区別は行っていない。この内容を示したものが表-4である。具体的には、それぞれの対策案で示した個々の安全施設を何箇所に設置するかが基準となっている。たとえば環状線の第1案(表中の①)は、具体的には、曲線部で赤色点滅灯と注意標識示をそれぞれ10箇所($C_1 \times 10$, $C_3 \times 10$)、分岐部で路面標示を20箇所($D_1 \times 20$)、合流部で路面標示を20箇所($G_1 \times 20$)にそれぞれ設置するものである。そして、同様に各路線に対して2~3の代替案が存在し、合計19種類の対策があげられている。

これら対策案の内容の設定にあたっては、たとえば「空港線では合流部の事故が多く、他路線よりも合流部への安全対策に重点をおく必要がある」などの実状からみた考慮が含まれているものである。

つぎに計算の実行のために必要となる各対策案の費用と便益は、表-4をもとに計算することができる。この結果を表-5に示す。各々の対策の費用欄は安全施設にかかる費用の総和を表している。この費用は、これらの個別施設の経費の総額で表されている。また同様に、便益欄はこの対策案の実施効果を予測

表-4 個別対策代替案の内容

	路線	番号	対策案の内容
① ② ③	I	1 2 3	$C_1 \times 10$, $C_3 \times 10$, $D_1 \times 20$, $G_1 \times 20$ $C_1 \times 10$, $C_2 \times 10$, $C_3 \times 10$, $D_2 \times 20$, $G_1 \times 200$ $C_2 \times 10$, $C_3 \times 10$, $C_5 \times 6$, $D_1 \times 20$
④ ⑤	II	1 2	$C_3 \times 10$, $D_1 \times 20$, $D_2 \times 20$, $G_2 \times 20$ $C_2 \times 4$, $D_1 \times 20$, $D_2 \times 10$
⑥ ⑦ ⑧	III	1 2 3	$C_1 \times 8$, $C_4 \times 10$, $D_1 \times 10$, $G_1 \times 10$, $G_2 \times 10$ $C_1 \times 2$, $C_5 \times 2$, $G_1 \times 10$, $G_2 \times 20$ $C_2 \times 10$, $C_3 \times 10$, $G_1 \times 20$, $G_2 \times 40$
⑨ ⑩ ⑪	IV	1 2 3	$D_1 \times 40$, $D_2 \times 20$ $C_1 \times 10$, $D_1 \times 20$, $D_2 \times 10$, $G_2 \times 10$ $C_1 \times 10$, $C_3 \times 10$, $C_4 \times 10$, $D_1 \times 40$, $D_2 \times 10$, $G_1 \times 10$, $G_2 \times 20$
⑫ ⑬ ⑭	V	1 2 3	$C_1 \times 10$, $D_1 \times 40$, $G_1 \times 20$ $C_2 \times 10$, $C_3 \times 10$, $C_5 \times 6$, $D_2 \times 10$, $G_1 \times 10$ $C_2 \times 10$, $C_4 \times 10$, $G_1 \times 10$
⑮ ⑯ ⑰	VI	1 2 3	$C_1 \times 10$, $C_2 \times 10$, $C_5 \times 10$, $D_1 \times 20$, $D_2 \times 20$, $G_2 \times 20$ $C_1 \times 10$, $C_5 \times 6$, $D_1 \times 40$, $D_2 \times 40$, $G_2 \times 10$ $C_3 \times 10$, $C_4 \times 10$, $D_2 \times 20$, $G_1 \times 10$, $G_2 \times 10$
⑱ ⑲	VII	1 2	$C_3 \times 10$, $D_1 \times 10$, $G_1 \times 10$ $C_5 \times 2$, $D_2 \times 20$, $G_1 \times 20$, $G_2 \times 20$

表-5 安全対策代替案の費用と便益

路線名	路線番号	対策案の番号	費用(万円)	便益(万円)
環状線	I	1	1 8 2 0	1 9 2 0 0
		2	3 3 4 0	2 1 7 0 0
		3	2 4 4 0	2 5 6 0 0
守口線	II	1	1 4 2 0	1 3 3 0 0
		2	5 0 2	6 4 0 0
空港線	III	1	1 0 9 0	1 0 5 2 0
		2	9 3 0	6 7 5 0
		3	2 3 4 0	2 2 5 2 0
神戸西宮線	IV	1	3 8 0	3 0 0 0
		2	1 3 9 0	1 2 3 0 0
		3	2 4 1 0	2 4 7 1 0
松原線	V	1	1 1 8 0	7 2 0 0
		2	2 5 4 0	2 4 8 9 0
		3	8 4 0	5 9 8 0
堺線	VI	1	4 0 0 0	4 0 4 0 0
		2	2 7 4 0	2 4 1 0 0
		3	1 2 2 0	1 1 5 9 0
東大阪線	VII	1	7 6 0	7 3 0 0
		2	1 0 2 0	9 4 2 0

計上したものである。この算出にはこれまでのいくつかの研究にみられるように交通事故に対する直接・間接の経済的評価が可能方法を用いなければならない⁵⁾⁻⁸⁾。本研究においてはこの点の検討は割愛し

計算上不都合のない値を設定値として示している。

4.3 計算結果と各手法の比較検討

前項では、各路線ごとに対策案が複数個提示された。ここでは、これをさきに示した4種類の各計算手法を用いて妥当な組合せとしての代替案作成を行う。本例においては、計画上の予算の制約として、昭和61年度の阪神高速道路の維持修繕費182億9800万円の約0.4%に相当する7900万円を設定し、これを以下の計算に用いている。

第3章で示した各手法を用いた計算を実行し、方法論別に対策案の選定を行い、交通安全対策案をそれらの組合せで示したものが表－6である。

この表での表示は、たとえばDPによる方法よれば、環状線（Ⅰ）、守口線（Ⅱ）、堺線（Ⅳ）、東大阪線（Ⅶ）の各3、2、1、1番目の対策案が採択され、代替案は4路線を対象とする案の組合わせとして得られることがわかる。

本表では、同一予算制約で計算方法ごとに異なった計算結果を導出しており、この結果から各方法についての比較検討を行うことができる。便益が大きいものほど良好な結果であるとすれば、この例では $IP = IBC$ （増分便益費用） $> DP > BC$ （便益費用比）の順に有効な解が得られている。

【便益費用比】による方法は計算は単純であるが、組合わせとしての対策案採択を考えないため総便益がきわめて小さいものとなっている。

【増加便益費用分析】による方法の場合は、IPと同じ解が得られ、結局この予算条件下では、最大の便益を与えるものが得られている。

【DP】の場合には定式化の場合にも示されているように、計算のステップ幅に対応する「単位費用」の与え方によって解は変化するが、ここで示されているものは、単位100万円の場合の計算結果である。最良解から2.3%程度の便益減少が見られる。（単位費用を10万円ずつ、さらに小さくして計算を実行したが、IP、IBCと同じ最良解を得たのは単位10万円としたときであった。）

【IP】を用いた方法は、この定式化が最大便益を目的とした「組合せ最適化問題」（combinational optimization problem）であるので、当然のことながら最良解が得られている。

表－6 各方法による計算結果

計算方法	選択された対策案	総費用	総便益
便益費用比	I-1, II-2, IV-3	4732 (万円)	50310 (万円)
増分便益費用分析	I-3, II-2, IV-3, V-2	7892	81600
DP	I-3, II-2, VI-1, VII-1	7702	79700
IP	I-3, II-2, IV-3, V-2	7892	81600

したがって以上の結果からみて、全般的には単純な費用便益分析に対してその他の方法はいずれも有効な結果が得られることがわかる。

これらの方法を使用すべき場合を検討すると、

- ①費用と便益との関係が個々に明示的に比較可能であるという点からは増分的費用便益手法がわかりやすく優れていると思われる。
- ②また投資における単位費用が決定されて各路線間の代替案の選択を段階的に計算していこうとする場合にはDPによる方法が有効であろう。
- ③計算アルゴリズム開発に対する若干の複雑さを除けば、IPによる方法は0-1型の（実行するか否かの）決定問題で問題に合致し厳密解が得られるので一般的に有効である。

いずれの方法も、長所と短所が存在することから優劣を一意には決定できない。実際の使用にあたっては、これらを十分に検討し妥当な方法を適宜用いることが必要である。

5. 結 論

本研究は、都市高速道路における交通事故安全対策の策定方法を方法論的に検討した。

具体的には、まず第2章で都市高速道路の交通事故の発生状況を検討し、交通安全対策の策定手順の提案を行った。第3章では、代替案の作成方法について4種類の方法を示した。さらに第4章で阪神高速道路における計算例から、各方法論の比較検討を行いそれぞれの長所、短所を整理した。

本研究の結論として、以下の点が挙げられる。

- ①都市高速道路において、交通事故の発生は人身、物損などの安全性の欠如はもとより、高速道路の使命である円滑性・高速性も阻害されることになり安全対策の合理的作成方法の検討は重要である。
- ②都市高速道路では、交通事故多発地点が明確であること、路線ごとに分離して検討が可能であることから「予算制約内の個別代替案の組合せ」として定式化が可能であり、いくつかの解法が考えられる。これらはその解の厳密性、立案作業の容易性などからそれぞれの特徴を生かすことができる。

最後に本研究で提案した方法をさらに実用的なものとし、また有効な交通安全対策案を導くために検討すべき今後の課題を述べる。

- ①対策案の実際の作成にあたっては、予算額、便益額などの不確実な要因が含まれる。そこでこうした不確実情報下での意志決定を考えることも実用的でありファジィ数理計画法などの適用も考えられることからこの点について検討中である¹⁵⁾。
- ②ここでは、交通安全対策として施設整備などの物理的施策についてのべたが、実際には、注意を喚起するための広報的活動、円滑な事故処理のための交通制御システムの充実、情報の伝達など副次的に存在する各種方法については言及していない。本研究で述べたような安全対策もこうした各種施策との総合的な取扱いのなかで初めて効率的であり、各施策を含んだ体系的な検討が必要である。

本研究を進めるに際し、終始丁寧なご指導を賜りました京都大学工学部飯田恭敬教授、福山大学工学部井上矩之教授に深く感謝の意を表します。データ収集等に御協力いただいた阪神高速道路公団大阪管理部皆様に感謝いたします。なお本研究の成果は昭和62年度（財）佐川交通社会財団研究助成の研究に関連する部分が多く、ここに付記いたします¹⁶⁾。

参 考 文 献

- 1) 総務庁編：昭和62年版 交通安全白書，大蔵省印刷局，1987。
- 2) 阪神高速道路公団：阪神高速道路のしごと，19

87。

- 3) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック，技報堂出版，1984。
- 4) 江守一郎：自動車事故工学，技術書院，1974。
- 5) 阪神高速道路公団：入路制御を実施している場合に受ける交通事故等による時間損失及び料金収入損失の調査研究報告書，1984。
- 6) 秋山孝正・佐佐木綱：交通事故及び故障車による交通渋滞から生じる損失についての一考察，土木計画学研究・講演集，No. 6，pp. 277-282，1984。
- 7) 佐佐木綱・秋山孝正・大藤武彦：交通事故による入路制御時に生じる損失についての考察，土木計画学研究・講演集，No. 7，pp. 249-255，1985。
- 8) 秋山孝正・秋山一郎：交通事故の評価と交通安全対策の策定方法について，住友海上福祉財団入選論文集，pp. 51-67，1986。
- 9) 秋山孝正・山田正人・岡本慎一：都市高速道路における交通事故対策代替案の作成方法についての検討，昭和61年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集，VI-6-1～2，1986。
- 10) National Technical Information Service Assessment of Techniques for Cost-effective Highway Accident Countermeasures，1979。
- 11) 田中功雄他訳：マクミラン 数理計画入門2，第XI章 0-1計画法と整数計画法，東京図書，1972。
- 12) Geoffrey Grime：Handbook of Road Safety Research，Butterworths，1987。
- 13) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，丸善，1984。
- 14) 木倉正美編：新体系土木工学 道路（IV）一付属施設一，技報堂，1984。
- 15) Takamasa Akiyama and Takashi Uchida：Traffic Safety Planning：Incremental Benefit-Cost Analysis with Fuzzy Budget Constraints，ファジィシステムの応用に関する国際ワークショップ，1988（講演予定）。
- 16) 秋山孝正：交通事故安全対策の系統的策定方法についての研究，（財）佐川交通社会財団，交通安全対策振興助成研究報告書，1988。