

# 道路ネットワークの交通安全対策対象区間(事故多発区間)の選定方法について

— 事故率順位曲線法と統計品質管理法の考え方とその応用 —

室蘭工業大学 正員 斉藤和夫

## 1. はじめに

交通事故は、自動車とそれを運転する人間からなる man-machine システムが道路という極めて限られたつ刻々と変化する環境内を他の自動車及び人間とともに移動する交通現象のなかで発生する。交通事故の発生に影響する要因は大きく人間、自動車、道路、と環境に分けられ、これらの要因が相互に複雑に作用し合った結果として事故が発生すると考えることが出来る(図-1)。これらの要因に対する安全対策として一般に3E (Education, Engineering, Enforcement) に関連した手段がとられる。従来、事故の原因を運転者に求め、対策も運転者の教育をオーとする傾向があったが、本来人間の機能や性格はそう簡単に改善または向上するものではなく、短期間にその効果を期待することは出来ない。それに対して man-machine システムが移動する交通環境(道路と環境を統合した概念)の改善を中心とした技術的(工学)や運用的(規制)な安全対策は、その実施程度に応じた効果が期待出来ることは高速道路の事故経験からも明らかである。

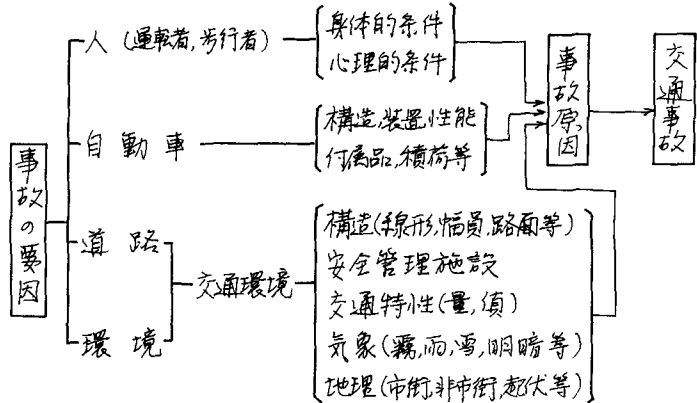


図-1 交通事故発生に多量影響する要因

して事故が発生すると考えることが出来る(図-1)。これらの要因に対する安全対策として一般に3E (Education, Engineering, Enforcement) に関連した手段がとられる。従来、事故の原因を運転者に求め、対策も運転者の教育をオーとする傾向があったが、本来人間の機能や性格はそう簡単に改善または向上するものではなく、短期間にその効果を期待することは出来ない。それに対して man-machine システムが移動する交通環境(道路と環境を統合した概念)の改善を中心とした技術的(工学)や運用的(規制)な安全対策は、その実施程度に応じた効果が期待出来ることは高速道路の事故経験からも明らかである。

本研究は、道路の線的要素を考慮する必要がある安全対策(道路構造本体の改造、交通安全施設の整備、交通規制)に対して、限られた資金によって最大の効果-事故減少-を実現するよう安全対策プログラム計画の策定手順の確立を究極的な目的として、そのために最も重要と思われる安全対策対象区間-いわゆる事故多発区間-を適確に判断する方法を検討するものである。尚、本研究で用いた交通量及び交通事故資料は昭和43年のものであり、対象道路区間は北海道の国道ネットワーク319区間、総延長4,125kmである。

## 2. 安全対策プログラム計画の策定プロセス

安全対策プログラムの基本的な目的は、限られた資金のなかで最も効果的な事故減少を実現することにある。この目的を達成するための計画策定プロセスは、図-2に示すように大きく4つの段階に分けて考えることが出来る。すなわち、①道路ネットワークのどの区間が対策の対象となり得るかを適確に判断する事故多発区間の確認と選定段階、②確認された区間における事故発生要因の確認と対策手段(代替案)の検討段階、③代替案の効果推定にもとづく実施のプライオリティ決定段階、④決定された対策手段の実施と評価段階である。このようなプロセスを確立することによって、全国的あるいは地域別の費用と効果を反映した効率的なプログラムの作成が可能となる。効率的なプログラムの

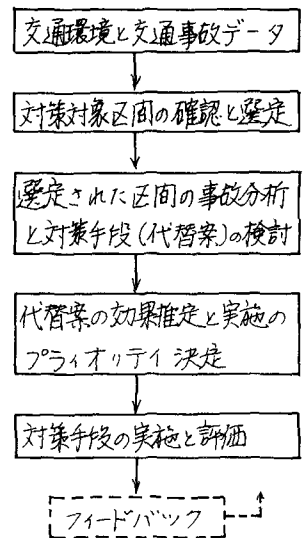


図-2 計画策定プロセス

作成において最も重要なことは、限界部分(場地的限界部分と手段的限界部分)を明らかにすることである<sup>2)</sup>。場地的限界決定に対しては危険な場所確認の方法が、手段的限界に対しては費用-効果分析が必要となる。本研究は前者の場地的限界を明らかにする方法を検討する。

### 3. 道路区間の危険性評価基準

交通量が道路に等しく分布していないように、交通事故は道路上で均一に発生している訳ではない。図-3は北海道の国道ネットワーク上の交通事故と走行台キロ(交通流)の分布状態を示したものである<sup>3)</sup>。これによると、道路延長の30%の部分で約80%の交通事故が発生していることになる。このように均一に発生していない交通事故に対して、危険性の高いあるいは多発傾向にある場所を見いだす基準としてこれをいくつかのものが提案され、使用されてきている<sup>4)</sup>。それらの基準を列举すると、

- (1) 発生件数(あるいは死者、傷者、死傷者など-以下同じ)の絶対数に基づくもの
- (2) 道路の単位延長当り(一般に1km当り)の事故件数に基づくもの
- (3) 走行台キロ当り(一般に1億走行台キロ当り)の事故件数に基づくもの
- (4) 交通量、幅員、延長、事故件数による危険尺度(measure of hazard)に基づくもの
- (5) 対象地点の交通環境要因との相関に基づくもの

などがあり、さらに(2)と(3)の組合せによる方法もある。これらの方法のなかで最も一般的であり世界的に共通して用いられるものは(2)と(3)である。対象区間の長さが均等であれば(1)の方法も用いることが出来る。以下本研究においては(2)と(3)の事故率を基準として考える。

### 4. 対策対象区間選定基準-限界事故率-設定の考え方

事故率の分布状態は、道路の種類、交通量グループや事故の種類(歩行者事故、車両同乗事故、車両単独事故、または全事故)によっても異なると考えられる。あるグループの中における事故率の分布はばらつきがあるだろうが図-4のような分布状態にあると考えられる。事故率がこのような分布をしているとすれば、なんらかの方法で危険な区間を選定する基準としての限界事故率A<sub>0</sub>ないしB<sub>0</sub>を得ることによって対策対象区間を選定することが出来る。このために、事故率の大きい順に区間を並べて見ると図-5のような曲線が得られる。この事故率順位曲線によって対策目標事故率や対象区間数などが容易に把握することが出来る。このような考え方にもとづいて、北海道の国道ネットワークの事故率順位曲線を単位延長当りの事故率について図-6に、走行台キロ当りの事故率について図-7に示す。また限界事故率としてネットワーク全体の平均事故率(M)、および2M、3Mとした場合、対策目標事故率をもつ区間数、区間に含まれる事故

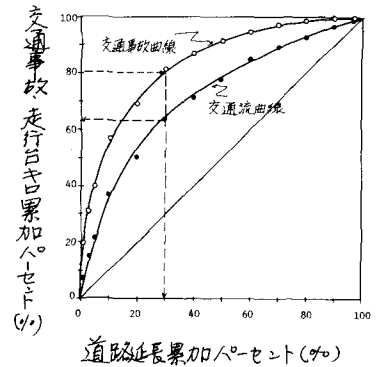


図-3 道路ネットワークの交通事故分布(昭和44年)

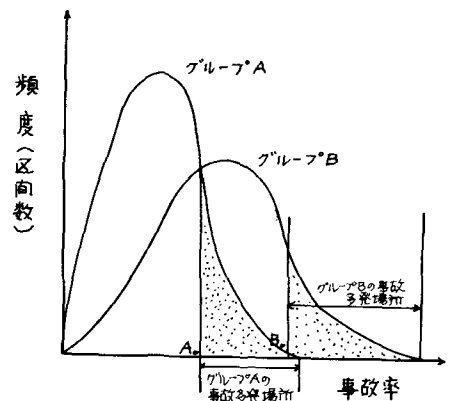


図-4 事故率の頻度分布

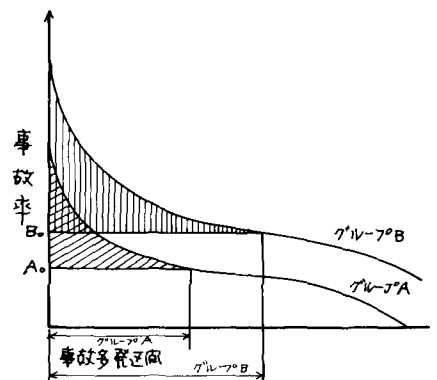


図-5 対策対象区間の選定-事故率順位曲線

と図-5のような曲線が得られる。この事故率順位曲線によって対策目標事故率や対象区間数などが容易に把握することが出来る。このような考え方にもとづいて、北海道の国道ネットワークの事故率順位曲線を単位延長当りの事故率について図-6に、走行台キロ当りの事故率について図-7に示す。また限界事故率としてネットワーク全体の平均事故率(M)、および2M、3Mとした場合、対策目標事故率をもつ区間数、区間に含まれる事故

表-1 平均事故率を基準とした区間の選別例

| 限界事故率<br>(件/1km)    | 対象<br>区間数 | 対象事故<br>(%)       | 対象延長<br>(%)       | 対象道路<br>延長(km)     | 対象走行量<br>(%)     |
|---------------------|-----------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| 上限7.7417<br>M=2.517 | 130       | 8,049<br>(77.52)  | 11,788<br>(75.92) | 800.8<br>(19.41)   | 28.90<br>(55.43) |
| 2M=5.034            | 88        | 6,733<br>(64.85)  | 9,604<br>(61.45)  | 434.2<br>(10.53)   | 21.20<br>(40.65) |
| 3M=7.552            | 61        | 5,543<br>(53.39)  | 7,805<br>(49.94)  | 236.3<br>(5.73)    | 14.84<br>(28.45) |
| 統計                  | 319       | 10,383<br>(100.0) | 15,630<br>(100.0) | 4,125.8<br>(100.0) | 52.14<br>(100.0) |

表-2 平均事故率を基準とした区間の選別例

| 限界事故率<br>(件/億走行台キロ)   | 対象<br>区間数 | 対象事故<br>(%)      | 対象延長<br>(%)     | 対象道路<br>延長(km)   | 対象走行量<br>(%)     |
|-----------------------|-----------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| 上限17.9417<br>M=199.12 | 108       | 6,639<br>(63.94) | 9,342<br>(59.8) | 747.5<br>(18.12) | 17.77<br>(33.96) |
| 2M=398.24             | 37        | 3,078<br>(29.64) | 4,179<br>(26.7) | 97.0<br>(2.35)   | 4.66<br>(8.95)   |
| 3M=597.36             | 14        | 1,867<br>(17.98) | 2,498<br>(16.0) | 32.7<br>(0.79)   | 2.18<br>(4.19)   |

などを単位延長当りの事故率に対して表-1に、走行台キロ当りの事故率に対して表-2に示す。これらの結果からわかるように、限界事故率の設定によって対象となる区間数、事故数、道路延長が非常に異なる。このような方法による場合の限界事故率の設定については明確な根拠がなく、絶対的な基準を定めるのが困難である。1つの例としては、アメリカのオハイオ州において単位延長当りの事故率について州平均の2倍(2M)、走行台キロ当りの事故率について州平均(M)の両者を用いている場合がある。

##### 5. 限界事故率設定の統計論的方法

4に示した方法で安全対策対象区間を選定することが出来るが、この方法には2つの問題がある。その1つは、短区間や交通量の少ない区間が選定されることがある。この理由は、事故率そのものに問題があり、事故率には事故発生 of 偶然変動が考慮されていないことによる。他の1つの問題は、すでに述べたように限界事故率の絶対的な基準設定の根拠が明確ではないことである。これら2つの問題を考慮し、限界事故率の設定方法として、筆者らが示した統計品質管理の理論に基づく方法を用いることが出来る。この方法は、道路区間の危険性評価を走行台キロ当りの事故率によって行うものであるが、この事故率に対して「通常の偶然変動の結果として事故率にどの程度の変動を期待すべきか」あるいは「設定された変動の許容限界を越えていると結論づけるため

図-6 単位延長当りの事故率による  
事故率順位曲線(全事故昭和43年)

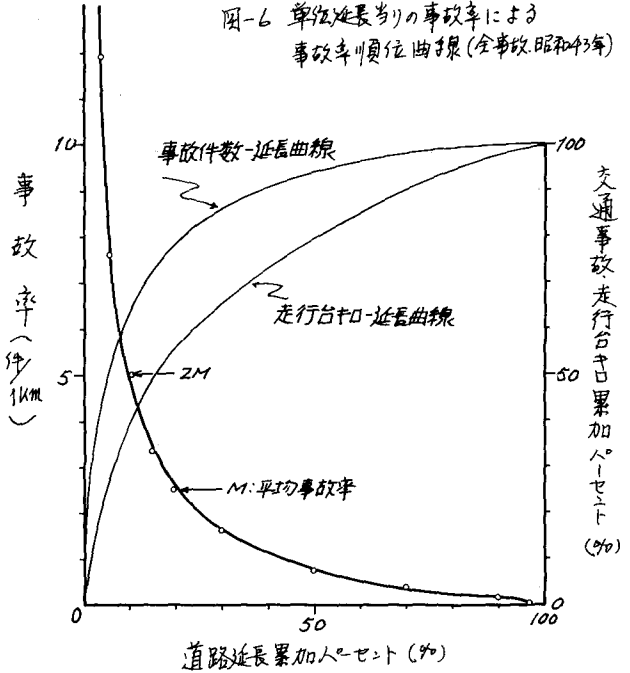
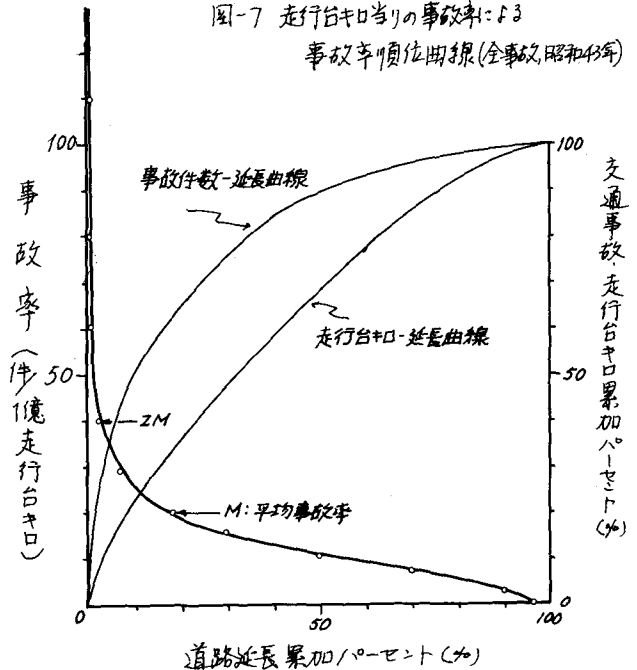


図-7 走行台キロ当りの事故率による  
事故率順位曲線(全事故昭和43年)



には事故率はどのくらい高くなければならないか」という問題に対処するために統計的アプローチを行ったものである。この方法の理論的背景を示すと次のようになる。

### 5-1 事故発生確率分布

「交通事故はランダムにしかも独立して生じ、その分布は確率分布に従う」という広く認められている仮定に基づき、その分布として2項分布を仮定する。 $p$ を1走行台キロ当りの事故発生確率、 $m$ 走行台キロで $x$ 件の事故が発生する確率を $P(x)$ とすると、 $P(x)$ は(1)式で表わされる。

$$P(x) = {}^m C_x (1-p)^{m-x} \frac{m!}{(m-x)!x!} p^x (1-p)^{m-x} \dots (1)$$

実際の交通では $p$ が極めて小さく $m$ が非常に大きいため(1)式は(2)式のポアソン分布で表わされる。ここで $pm$ は $m$ 走行台キロに対する期待事故数と考えることが出来、これを $a = \lambda_0 m$  ( $\lambda_0$ は平均事故率)とおきかえると(3)式のようになる。

$$P(x) = \frac{(pm)^x}{x!} e^{-(pm)} \dots (2) \quad P(x) = \frac{a^x}{x!} e^{-a} \dots (3)$$

### 5-2 事故率の統計的信頼限界 (statistical control limit)

事故発生の偶然変動の範囲を量的に示すため、(3)式のポアソン分布の信頼限界を考える。危険率 $\alpha$  (信頼率 $P=1-\alpha$ )とするとポアソン分布の上限と下限の信頼限界 $UCL$ と $LCL$ は(4)式で表わされる範囲を満足する最大と最小の整数となる。計算を容易にするために、ポアソン分布を正規分布に近似することによって“ $x$ ”件の事故発生に対する信頼限界は(5)式で近似することが出来る。

$$\left\{ \sum_{x=0}^{UCL} \frac{a^x}{x!} e^{-a} \leq \frac{\alpha}{2}, \sum_{x=LCL}^{\infty} \frac{a^x}{x!} e^{-a} \leq \frac{\alpha}{2} \right\} \text{ or } \sum_{x=LCL}^{UCL} \frac{a^x}{x!} e^{-a} = P \dots (4)$$

$$UCL = a + k\sqrt{a} + \frac{1}{2}, \quad LCL = a - k\sqrt{a} - \frac{1}{2} \dots (5)$$

$k$ :  $\alpha$ に対する標準正規分布の値

事故率の変動範囲を考えるために、(5)式を走行台キロ $m$ で割ると、走行台キロに対する事故率の変動の信頼限界(6)式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} UCL &= \frac{a}{m} + k\sqrt{\frac{a}{m}} + \frac{1}{2m} = \lambda_0 + k\sqrt{\frac{\lambda_0}{m}} + \frac{1}{2m} \\ LCL &= \frac{a}{m} - k\sqrt{\frac{a}{m}} - \frac{1}{2m} = \lambda_0 - k\sqrt{\frac{\lambda_0}{m}} + \frac{1}{2m} \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

以上のことから、道路における交通事故の発生率は走行台キロによって変化するが、その変化の限界は(6)式によって与えられる。このことから交通事故の発生に大きく影響する

表-3 全事故に対する区間判定結果  $R=199.12$

| 限界事故率の範囲           | 区間数 | 事故数 (%)      | 死者数 (%)      | 道路延長 (km) (%) | 走行量 (億台キロ) (%) |
|--------------------|-----|--------------|--------------|---------------|----------------|
| $R > AL$           | 22  | 2.671 (26.7) | 3.584 (22.9) | 52.4 (1.3)    | 3.77 (7.2)     |
| $AL \geq R > UWL$  | 11  | 5.51 (5.3)   | 8.33 (5.3)   | 36.9 (0.9)    | 1.30 (2.5)     |
| $UWL \geq R > LWL$ | 82  | 2.622 (25.3) | 3.714 (23.8) | 678.8 (16.5)  | 9.41 (18.0)    |
| $LWL \geq R$       | 195 | 4.539 (43.7) | 7.473 (47.8) | 3221.4 (78.1) | 37.26 (71.5)   |
| Total              | 319 | 10.383       | 15.630       | 4125.8        | 52.14          |

表-4 歩行者事故に対する区間判定結果  $R=48.31$

| 限界事故率の範囲           | 区間数 | 事故数 (%)      | 死者数 (%)      | 道路延長 (km) (%) | 走行量 (億台キロ) (%) |
|--------------------|-----|--------------|--------------|---------------|----------------|
| $R > AL$           | 28  | 8.13 (32.3)  | 8.75 (31.9)  | 121.6 (3.0)   | 5.12 (9.8)     |
| $AL \geq R > UWL$  | 26  | 4.32 (17.2)  | 4.63 (16.9)  | 199.5 (4.8)   | 4.61 (8.8)     |
| $UWL \geq R > LWL$ | 182 | 1.057 (42.0) | 1.152 (42.0) | 2287.3 (55.5) | 24.95 (47.9)   |
| $LWL \geq R$       | 47  | 2.17 (8.6)   | 2.51 (9.2)   | 906.4 (22.0)  | 14.99 (28.8)   |
| total              | 319 | 25.19        | 27.43        | 4125.8        | 52.14          |

表-5 車両相互事故に対する区間判定結果  $R=136.43$

| 限界事故率の範囲           | 区間数 | 事故数 (%)      | 死者数 (%)      | 道路延長 (km) (%) | 走行量 (億台キロ) (%) |
|--------------------|-----|--------------|--------------|---------------|----------------|
| $R > AL$           | 17  | 1.797 (25.3) | 2.572 (22.3) | 38.6 (0.9)    | 3.18 (6.1)     |
| $AL \geq R > UWL$  | 11  | 4.58 (6.4)   | 7.13 (6.2)   | 28.7 (0.7)    | 1.43 (2.8)     |
| $UWL \geq R > LWL$ | 80  | 1.912 (26.9) | 3.040 (26.3) | 631.3 (15.3)  | 9.51 (18.2)    |
| $LWL \geq R$       | 189 | 2.947 (41.4) | 5.213 (45.2) | 3088.7 (74.9) | 36.86 (70.7)   |
| total              | 319 | 7.114        | 11.540       | 4125.8        | 52.14          |

表-6 車両単独事故に対する区間判定結果  $R=14.38$

| 限界事故率の範囲           | 区間数 | 事故数 (%)     | 死者数 (%)      | 道路延長 (km) (%) | 走行量 (億台キロ) (%) |
|--------------------|-----|-------------|--------------|---------------|----------------|
| $R > AL$           | 4   | 4.1 (5.5)   | 7.4 (5.5)    | 71.8 (1.7)    | 0.48 (0.90)    |
| $AL \geq R > UWL$  | 3   | 1.3 (1.7)   | 2.0 (1.5)    | 14.3 (0.4)    | 0.14 (0.3)     |
| $UWL \geq R > LWL$ | 195 | 6.18 (82.4) | 1.091 (81.0) | 2931.4 (71.1) | 30.05 (57.6)   |
| $LWL \geq R$       | 28  | 7.8 (10.4)  | 1.39 (10.3)  | 328.6 (8.0)   | 13.39 (25.7)   |
| total              | 319 | 7.50        | 1.347        | 4125.8        | 52.14          |

要因が存在しなければ事故率はある限界内に変動するが、事故発生に大きく影響する要因が存在する場合にこの限界を越えた変動を示すと考えられる。

### 5-3 限界事故率設定の方法と国道ネットワークへの応用

(6) 式の信頼限界は平均事故率 $\lambda_0$ に対して与えられ、その範囲は $k$ の値によって変わる。 $k$ の値は $\alpha$ の任意の値に対して定めることが出来る。 $\alpha$ の値に対する $k$ の値のいくつかの例を示すと、 $\alpha=0.2\%$  ( $P=99.8\%$ )  $k=3.090$ 、 $\alpha=1.0\%$  ( $P=99.0\%$ )  $k=2.576$ 、 $\alpha=5.0\%$  ( $P=95.0\%$ )  $k=1.960$ 、 $\alpha=10.0\%$  ( $P=90.0\%$ )  $k=1.645$  などである。 $k$ の値が決まると、対象ネットワークの対象事故種類に対する平均事故率を算出し、(6)に代入すると各区間の走行台キロ  $m_i$  に対する限界事故率の算定式が決まる。この式によって各区間の限界事故率を算出し、実際の事故率と比較し、限界を越える事故率をもつ区間を選定する。この方法を道路ネットワークへ応用するために、限界事故率算定式を(7)式のように定義する<sup>7)</sup>。すなわち  $k=3.090$  ( $\alpha=0.2\%$ ) に対する UCL を Action limit,  $k=1.960$  ( $\alpha=5.0\%$ ) に対する UCL を Upper warning limit, LCL を Lower warning limit とする。

$$\left. \begin{aligned} \text{Action limit (AL)} &= \lambda_0 + 3.090 \sqrt{\frac{\lambda_0}{m_i} + \frac{1}{2m_i}} \\ \text{Upper warning limit (UWL)} &= \lambda_0 + 1.960 \sqrt{\frac{\lambda_0}{m_i} + \frac{1}{2m_i}} \\ \text{Lower warning limit (LWL)} &= \lambda_0 - 1.960 \sqrt{\frac{\lambda_0}{m_i} + \frac{1}{2m_i}} \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

この場合、Upper warning limit を越える区間は詳細な交通事故分析を行う対象とし、Action limit を越える区間は具体的な対策を必要とする場所とする。また、Lower warning limit を越える区間は事故率の低い原因を調査するための場所とし、事故分析を行い対策手段検討の資料とすることが出来る。このような判断基準に基づいて北海道の国道ネットワークの区間選定を行った結果を、全事故、歩行者事故、車両相互事故、車両単独事故について前頁の表-3～表-6に示す。この結果は事故発生の偶然変動が大きく影響するような区間が対象とはなくなるため、事故率順位曲線法に比べて少ない区間が選定されている。

### 6. まとめ

以上、道路ネットワークの交通安全対策対象区間の選定方法として、事故率順位曲線法と事故率品質管理法の考え方を主体としてその応用例を示した。安全対策を緊急に必要とする道路区間の選定方法と基準が確立していない現在、限られた資金で最も効果的な安全対策を実現するためにはその選定方法の検討が必要となっている。本研究で示した方法、とくに事故発生の統計論的背景をもつ事故率品質管理法は、事故率のもつ欠点である事故発生の偶然変動を考慮していることから合理的な方法といえよう。この方法によって安全対策プログラムを策定するプロセスを図-2を参考に示すと図-8のようになる。

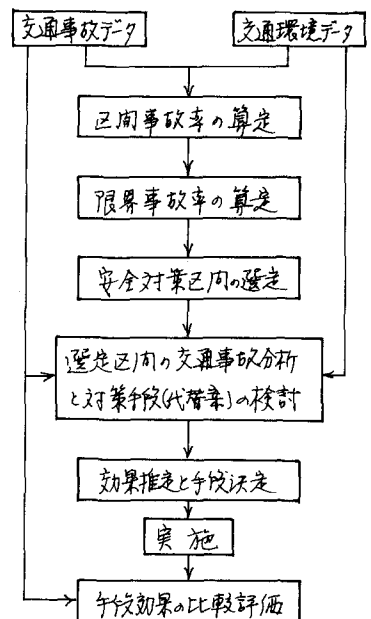


図-8 対策区間の選定と対策プロセス

- 参考文献 1) 斎藤和夫：道路ネットワークにおける危険区間の確認システム，第28回土木学会年次学術講演会概要集，1993  
 2) 日本交通科学協議会：交通安全施策の投資効果測定に関する研究，1968， 3) 斎藤和夫：道路ネットワークの交通事故分布に関する研究，第27回土木学会年次学術講演会概要集Ⅳ，1972 4) 板倉加寿，斎藤：交通事故解析の方法とその応用，土木学会北海道支部研究発表論文集 No.24，1968 5) 板倉加寿，斎藤：交通事故に対する危険度評価の方法について，交通工学，Vol.3，No.2，1968 6) Kazuo Saito：Application of statistical concept to identify hazardous locations of highway，地域と交通，技報堂，1973 7) 斎藤和夫：路線における交通事故の解析と対策，第10回日本道路学会論文集，1971