

高速道路における迂回制御実施 に関する基礎的研究^{*}

Basic Study on Expressway Detour Control

河島 恒^{**} · 卷上 安爾^{***} · 竹内 新一^{****}

By Hisashi KAWASHIMA, Yasuji MAKIGAMI and Shin-ichi TAKEUCHI

A traffic guidance system to detour routes from the hindrance location is supposed to be very effective to alleviate troubles from the hindrance. This research makes basic study on the detour control for the expressway traffic hindrance. First, this report shows the actual state of traffic hindrances on the expressway, then investigation is given to prospective route guidance method considering priority giving method to simultaneously arising hindrances, as well as detour control excuting criteria. Finally the effectiveness of the detour control is evaluated showing actual amount of traffic volume feasible for detour control. A short comment is given to various problems to be soleved in the future in order to develop effective detour route guidance technique.

1. はじめに

高速道路網の整備拡充とともに、わが国の産業経済活動は言うに及ばず、国民の日常生活においても諸活動を高速道路に大きく依存する形態になってきており、それとともに高速道路上で発生する交通障害がこれらの諸活動に大きな影響を及ぼす事態になってきている。障害発生時のリスクをなるべく少なくするためには、代替ルートとなりうるような高速道路を早期に整備し、交通の全面ストップというような深刻な事態を招かないように対策を立てることが必要である。事実、一部の高速道路網においてはこのような代替ルートが整備されて、高速道路相互の迂回誘導が可能となっているが、現実には交通管制を通じてこのような迂回誘導を行っている例はきわめて少なく、制御実施のための基礎的な研究が望

まれているところである。

一方、東名・名神のような極めて重要な高速道路に対しても、その代替となりうる高速道路が整備されるにはなお長期の時間を要し、それまでの間は状況によっては代替となりうる一般道路も活用した迂回制御の可能性についても検討を加えておく必要があると考えられる。当然ながら逆のケース、即ち一般道路の交通障害状況に応じて高速道路への誘導を図るケースも検討対象となろう。

このような迂回制御を実施していくには、なお解決すべき多くの課題があるが、本研究では以上のような背景に立って高速道路の迂回制御実施を図るための基礎的な検討結果を報告するものである。

2. 研究の主旨と概要

上記のような背景に立って、本研究では、東名・名神高速道路を対象として高速道路の迂回制御実施のための基礎的な検討を行う。

*キーワード：迂回制御、交通管制

**正会員 日本道路公団東京第一管理局 次長

***正会員 工博 立命館大学 理工学部教授

****正会員 工修(社) システム科学研究所主任研究員

研究の全体フローは図-1に示すとおりである。

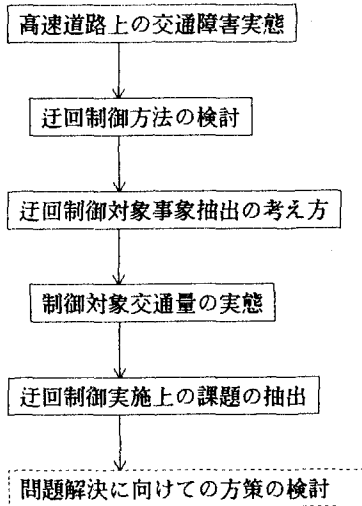


図-1 本研究の全体フロー

フローに示すように本研究は主として次の4つの課題について検討を行っている。

① 迂回制御方法の検討

制御対象と考えられる高速道路上の交通障害実態をもとに各事象に対して、流出推奨を含む迂回制御の具体的方法、特に高速道路上の情報提供施設を通じた制御の方法について検討する。事象発生の位置や規模に応じて、どのような位置、手段で情報提供を行うのが妥当かについて考察する。

② 迂回制御の対象とする交通障害事象抽出の考え方の検討

高速道路上の交通障害事象のなかから流出推奨を含む迂回制御が有効と考えられる事象をどのような考え方で抽出するか、その概念について検討する。

③ 迂回制御実施上の課題の抽出

現実に高速道路上で迂回制御を行う場合の問題点、特に代替ルートの情報収集体制、制御実施時の影響把握、制御の有効性の評価方法等について解決すべき課題をとりまとめる。

④ 課題解決に向けての方策の検討

今回の報告ではこの部分については未検討であり、今後の課題としてとりまとめているが、将来実施に移すうえで最も重要なテーマであり、

今後検討を進めたいと改めて報告したいと考えている。

以上のように、今回は上記のテーマのうち①～③について報告している。なお、本論文に関連して、筆者らは「渋滞シミュレーションモデルによる高速道路の迂回制御効果に関する研究」として、「土木計画学研究講演集8」に発表している。これは迂回制御を実施した場合の高速道路上の渋滞緩和効果について報告したものである。表記論文も参考にしていただければ幸いである。

3. 高速道路上の交通障害事象の実態

高速道路上の障害事象には様々のものがあり、これを区分する方法も多様であるが、ここでは障害事象を「ドライバーの走行計画に影響を及ぼす事象あるいは安全性に関わる事象」と定義することとし、これを次のように区分する。

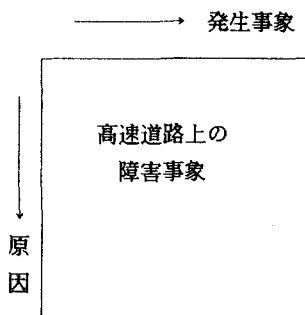
1. 通行止
2. チェーン規制
3. 渋滞
4. 車線規制、対面通行規制
5. 速度規制
6. 注意喚起事象

このうち1、2、4、5は規制に関する事象であり6は規制にまで至らないが安全面で注意を要す事象を総括したものである。この中では渋滞のみがやや性格を異にし、他の規制事象が原因となって渋滞が発生するなどの因果関係があるが、自然渋滞や規制に伴う渋滞が走行計画に大きな影響を及ぼすことから障害事象の区分を上記のように設定する。

一方これらの事象の原因の区分については、一例として、以下のような区分が考えられる。

1. 地震、災害
2. 事故
3. 火災
4. 路上障害物、故障車
5. 凍結
6. 自然渋滞
7. 工事、低速作業車
8. 霧、雪、雨 風

高速道路上の障害事象はこのような発生事象と原因をクロスして考えることにより、ほぼ全体像が把握できる。(もちろん、すべての組み合わせが生じる訳ではないが)



道路公団名古屋管理局管内の東名・名神高速道路(三ヶ日～京都東間 226 Km) を例にとり代表的な交通障害の実態をみると以下のようなものである。

(1) 通行止

昭和56年 4月～60年12月の東名・名神の通行止回数及び通行止時間は表-1のとおりである

最も多かった昭和59年ではのべ 186回、737時間

表-1 東名・名神(三ヶ日～京都東間)の

通行止回数及び時間

(上り、下り別にカウント)

年次	56	57	58	59	60	計
回数	35	77	64	186	113	475
時間	115	460	187	737	560	2059
1回あたりの平均時間	3.3	6.0	2.9	4.0	5.0	4.3

間に及んでいる。1回あたりの通行止時間は平均4.3時間となっている。昭和60年について区間別、原因別に通行止状況をみると図-2のようであり、栗東以西では工事(夜間通行止にして工事を行うため)、栗東～一宮間は雪が主原因となっている。

(2) チェーン規制

チェーン規制はチェーン確認のための規制とチェーン着装の規制に区分されるがチェーン確認のための規制は少ない。チェーン着装規制の平均規制時間は2.8時間であり、概ね栗東～大垣間の雪氷問題区間に規制が集中している。

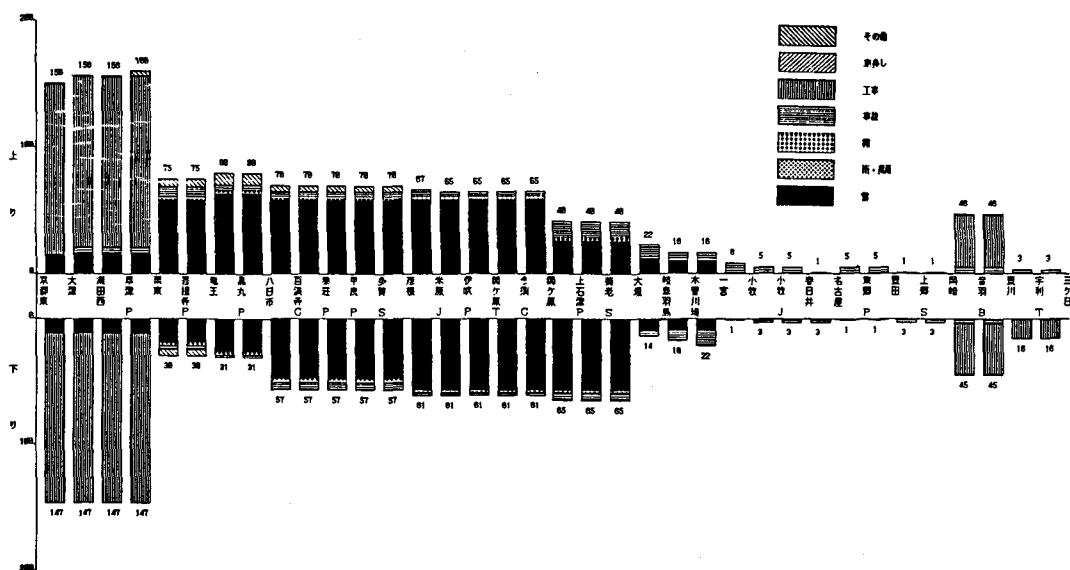


図-2 区間別原因別の通行止時間(昭和60年)

表－２ 東名・名神（三ヶ日～京都東）のチェーン規制回数及び時間

規制		年次					
		５６	５７	５８	５９	６０	計
チェーン確認	回数	４	１０	１５	１６	２	４７
	時間	１７	６３	１１１	６３	６	２６０
	１回あたり時間	４.３	６.３	７.４	３.９	３.０	５.５
チェーン着装	回数	２８	６８	９７	２３５	２３	４５１
	時間	１３９	３５	２５９	５７３	５５	１２６１
	１回あたり時間	５.０	３.５	２.７	２.４	２.４	２.８

(3) 渋滞

原因別にみると件数、時間ともに工事渋滞の割合が高く、次いで事故渋滞となっている。しかしながら１回あたりの渋滞時間を見ると自然渋滞、雪氷渋滞の規模が大きい。

表－３ 東名・名神（三ヶ日～京都東）の

渋滞回数及びのべ時間

凡例 { 回数
時間
１回あたり時間

原因		年次					
		５６	５７	５８	５９	６０	計
工 事		265	397	528	707	788	2685
		681	819	1057	1417	1774	5748
		2.6	2.1	2.0	2.0	2.3	2.1
事 故		335	280	368	376	310	1669
		421	411	562	1209	483	3086
		1.3	1.5	1.5	3.2	1.6	1.8
自 然		74	93	127	141	139	574
		274	301	356	363	399	1693
		3.7	3.2	2.8	2.6	2.9	2.9
雪 氷		47	26	45	126	73	317
		227	108	105	441	183	1064
		4.8	4.2	2.3	3.5	2.5	3.4
そ の 他		9	10	20	22	21	82
		29	19	45	60	29	182
		3.2	1.9	2.3	2.7	1.4	2.2
合 計		730	806	1088	1372	1331	5327
		1630	1659	2124	3490	2866	11769
		2.2	2.1	2.0	2.5	2.2	2.2

(4) 速度規制

区間別原因別の５０キロ規制時間をみると図－３のようであり、気象、特に雪氷による規制、工事による規制が主要因となっている。最も規制時間の多い今須～関が原間についてみると、昭和５９年では一日あたり平均４.８時間の規制時間となっている。

４．迂回制御方法の検討

高速道路上で流出推奨を含む迂回制御を実施するためには、障害事象発生地点上流の代替ルートが選択可能なインター、あるいはジャンクションの手前で何らかの情報提供を行い、ドライバーの行動を促すという方法が現実的である。

高速道路上で現実使用可能な情報提供施設としては次のものがある。

- ・可変道路情報板
- ・路側ラジオ
- ・両者のセット（可変情報板でエッセンスを提供した後、詳細情報を路側ラジオで提供）

これらの施設を通じて提供する情報の内容については、大別して

- ①障害事象の客観的事実のみを提供する
- ②一定の判断基準に立った迂回行動の推奨を行うの２通りがある。前者の情報提供は通常の情報提供施設としては当然提供すべき内容であるが、迂回制御に対する情報提供という観点からは、これを次の２つのレベルに区分しておく必要がある。

レベル１：事象発生の場所、規模、原因等の事実情報を提供

レベル２：発生事象に伴い予想される走行時間の遅れなど予測に基づく客観的情報の提供

②の情報提供はこれに対してレベル３と位置づけられる、すなわち

レベル３：発生事象に伴う走行時間の遅れなどを考慮した迂回推奨情報の提供

現在の交通管制においてはレベル１の情報提供が行われているのみであり、この場合は行動判

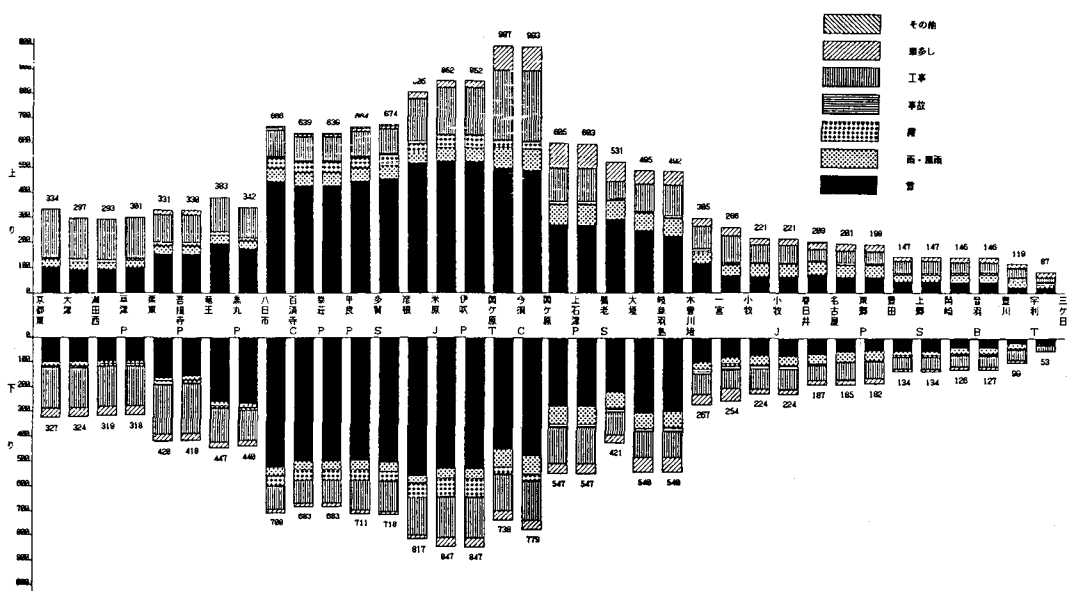


図-3 区間別原因別の50キロ規制時間(昭和59年)

断が100%ドライバーに任されていることになる。迂回制御を現実に行うためにはレベル2、3の情報提供を行う体制が整えられる必要がある。これらの課題については後述するとして、障害発生地点上流の当該情報提供施設ではどのレベルの情報を提供すべきかを決定するにはいくつかの要因が考えられる。

特に高速道路上で提供すべき事象が複数ありかつ提供施設には限界があるという現実の状況のもとで、この要因を列挙すると以下のようなものである。

- ①発生事象の重要度(走行計画への影響の大きさ、安全性への影響の大きさ、発生事象の規模等から決まる重要度)
- ②当該情報提供施設と事象発生地点との交通の関連度(両地点を共通に利用する交通量、迂回制御事象の場合は制御対象交通量となる)
- ③代替ルートと比較した場合の所要時間差などの迂回制御実施の有効度

レベル1の情報提供の場合は③の要因は考慮する必要がない。現実の交通管制においても提供情報の優先順位は①、②の要因を考慮して検討されている例が多い。

さて、可変情報板の場合は通常提供できる事象は1事象であり、複数の事象が発生している場合は①～③の要因を総合的に評価して最も評価の高い事

象を提供せざるを得ない。複数事象を提供したい場合には複数の可変情報板を間隔を置いて設置し、各々の機能分担を図って提供するという方法が考えられる。この場合の機能分担の方法として、例えば

- ・直近情報と遠方情報を分担する
- ・客観的事実情報と行動推奨情報を分担する

などの考え方があろう。前者の考え方に立って、近年いわゆる広域情報板が導入されつつある。後者の場合には、行動推奨のみを提供する情報板の運用頻度が低くなるなどの問題が考えられる。現実的な運用としては、遠方情報提供と行動推奨情報提供を同一情報板で行う、あるいは必要に応じてこのような性格の情報板を複数設置し、直近の事実情報を提供する情報板と区別して運用することが妥当であろう。このような迂回制御を考慮した情報板の設置パターンの一例を図-4に示す。

一方路側ラジオを活用する場合は、これがすべてのドライバーに情報提供を行う確実な手段ではないことから、情報板とセットで用いる必要がある。即ち情報板で事象発生の事実を提供して路側ラジオでこれの詳細情報及び迂回行動推奨情報を提供するという方法である(通常、路側ラジオでは3～4事象が提供可能とされている)。路側ラジオを活用した整備パターンの例は図-5のとおりである。

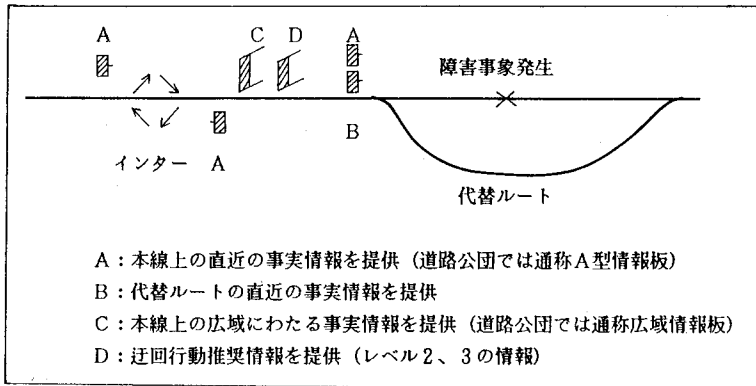


図-4 迂回制御を考慮した情報板の設置パターン

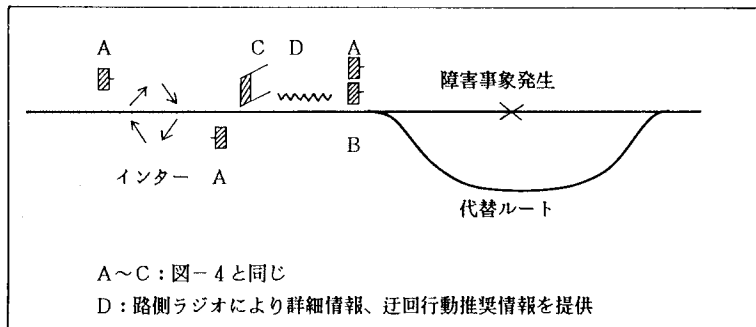


図-5 路側ラジオを用いた迂回制御のための機器配置例

以上の例では比較的広域的な迂回推奨の場合を検討したが、直近事象をもとにした流出推奨の場合にも情報板の機能分担による方法、路側ラジオを用いた方法が同様に提案できる。

図-4 のような配置パターンにおける迂回情報提供に至る情報処理のフローは図-6 のようである。

5. 迂回制御対象事象の抽出の考え方

迂回制御を前述のように事象発生地点上流の適切な箇所、ドライバーに何らかの情報提供を行って実施することを前提とすると、当該情報提供施設によって発生事象が迂回制御対象となるか否かの判断が必要である。（図-6 のフローを参照）

ドライバーにとって情報を受けた地点で迂回に応じるのが得策か否かの判断は次のように表現されよう。

現在のルートを選択した場合の交通費用 C_1 ≧
 代替ルートを選択した場合の交通費用 C_2
 一般に C_1 、 C_2 は所要時間と料金の関数と考えられるが、これは一例として単純に次のように表現できる。

$$C_i = t_i + R_i / s$$

t_i : i ルートを選択した場合に予想される
 目的地までの所要時間

R_i : i ルートを選択した場合の料金

s : 時間評価値（円/分）

すなわち、この場合は所要時間差と費用差を総合的に判断してルート選択を定めることになる。提供する情報の内容をレベル 1 の客観的な事実に限定し行動推奨的な提供は行わないとした場合には、ドライバー個々人が上記のような評価を行い、ルートを選択することになるが、実際には個々人の評価値が

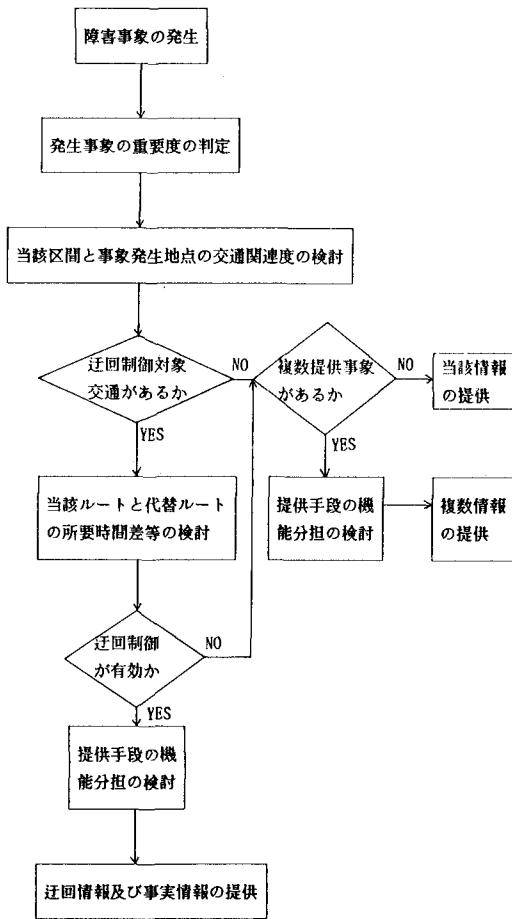


図-6 迂回情報提供に至る情報処理のプロセス

次のような要因で異なるために対象となりうる交通の何割かが迂回に応じることになる。

①時間評価値の相違

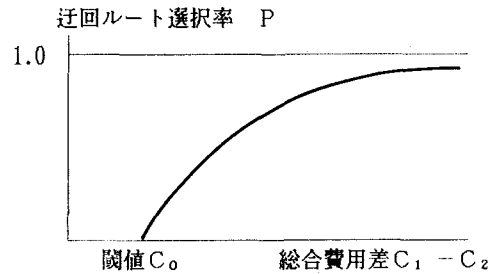
②全体費用に対する費用差の割合 $(C_1 - C_2) / C_1$

③代替ルートの熟知度

②③の要因は費用差 $C_1 - C_2$ がある閾値を越えないと転換しえないという事象を想定して抽出されるものであり、集計的に下図のようなモデルが考えられる。

従って当該情報提供地点で閾値をこえる費用差の生じるような対象車両がある場合は一応、迂回制御情報を提供すべき事象と判断される。

さらに政策的な観点から行動推奨的な情報提供を行う場合は、誘導によって生起する両ルートの交通



状況についてより正確な予測が要求される。即ち発生事象の規模が交通量に從属的である場合は、迂回誘導による交通量変化を考慮に入れる必要がある。簡単な記述を行うと以下のように表現される。

$$C_i = t_i + R_i / s \quad \text{とすると}$$

$$t_i = f_i(X_i)$$

X_i : 路線 i の交通量

f_i : 所要時間関数

ΔX が路線 1 から 2 に転換したとすると

$$t_1 = f_1(X_1 - \Delta X)$$

と表現され、この時の

$$t_1 + R_1 / s \geq t_2 + R_2 / s$$

の関係について予測評価をしておく必要がある。

この場合には例えば転換可能対象交通量を ΔX とし、これがすべて迂回に応じた場合の両ルートの状況を比較評価し

$$f_1(X_1 - \Delta X) + R_1 / s -$$

$$\{f_2(X_2 + \Delta X) + R_2 / s\} > C_0 \text{ (閾値)}$$

となるような事象を迂回制御対象とするといった判断が考えられる。

(注) 両ルートの走行費用がバランスするような制御交通量 ΔX を求めるといった交通量配分のテーマはここではあまり重要ではない。むしろ現実の運用においてどのような判断基準が示されれば迂回制御が妥当かという点を問題にしたい。この観点からは上記の式では顧みられていない転換対象以外の交通の受けるメリット、デメリットを総合的に考慮に入れた評価関数を設定すべきであるという判断も成立する。例えば

走行費用 > (制御時の当該ルート及び代替ルートの総走行費用)

なら、制御実施といった方法である。

上式中、 f_i の形状は障害事象の内容によって異

なることになり、車線規制のような容量制限のケース、50キロ規制のような速度制限のケースなどによって変化する。

迂回制御を実施していく場合は後述するように解決すべき多くの課題があるが、当該ルート及び代替ルートについて様々な交通状況や規制状況に応じてこの f_i の形状を定める（実際は各道路区間についてこれを定める必要があるが）ことが最も大きな課題である。

6. 迂回制御対象交通量の実態

東名・名神の三ヶ日～京都東間を例にとって、昭和58年の道路公団調査結果から迂回制御の対象となりうる交通量の実態をみると以下のとおりである。

(1) チェーン規制、通行止の多い関ヶ原～彦根間の迂回制御

迂回ルートの候補となるインター手前で情報提供を行うとしたときの共通利用交通量をみると次のとおり。（）内は関ヶ原～彦根間の区間交通量に対する割合

- ①上り、岡崎IC手前 4900台／日（39%）
- ②上り、名古屋IC手前 5600台／日（45%）
- ③上り、一宮IC手前 8500台／日（68%）
- ④下り、栗東IC手前 10400台／日（83%）

(2) 自然渋滞の多い大津～京都東間下りの迂回制御

- ①上り、岡崎IC手前 4600台／日（14%）
- ②上り、名古屋IC手前 5200台／日（15%）
- ③上り、一宮IC手前 7600台／日（23%）
- ④上り、瀬田西IC手前 26900台／日（80%）

(3) 工事渋滞の多い小牧JCT～小牧間の流出推奨

小牧ICでOFFする交通量を直前の春日井、小牧東（中央道）で制御すると、対象交通は7600台／日（27%）である。

以上のようにいずれのケースも対象となりうる交通量はきわめて多く制御実施検討の意義は大きいと考えられる。

7. 迂回制御実施上の課題（まとめと今後の課題）

本報告では高速道路上での交通障害の実態をふまえて、迂回制御の必要性を認識し、迂回制御の方法及びその有効性について検討した。制御方法として可変情報板を用いた情報提供および路側ラジオを用

いた情報提供による迂回制御の例を示し、この方法を実施するにあたって提供情報の内容を3段階のレベルに分け、迂回制御を行ううえでは所要時間等予測情報の提供、さらには予測に基づいた行動推奨情報の提供が必要なことを示した。実施にあたってはまず迂回制御が有効と考えられる事象をどのように抽出するかが問題であり、これを選択する考え方を検討した。さらに、現実の道路網上で対象となりうる交通が多く存在することを示し、制御実施の有効性を認識することができた。

実施に向けて検討すべき課題は多いが、これととりまとめると以下のようである。

(1) 情報収集面の課題

- ・当該ルート及び代替ルート（特に一般道路）の交通状況がどの程度必要か、また、これを即時に入手するためにどのような収集体制が必要か

(2) 情報提供面の課題

- ・迂回制御にあたって可変情報板（本線上、料金所入口、一般道路上、広域情報板など）や路側ラジオをどのように機能分担して活用していくか
- ・また、迂回情報も含めた提供情報の表示優先順位等をどのようにするか、機器の機能分担との関連で整理する必要がある。
- ・運用にあたって、どの程度の機器の整備が必要か

(3) 情報処理面の課題

- ・迂回制御実施のルール（判断基準）をどうするか
- ・判断の背景となる迂回制御効果をどのように算定するか（算定モデルやデータベースなど）
- ・管制システムへのとり込みかた

(4) その他

- ・社会的合意形成

<参考文献>

- (1) 巻上安爾、中西恒彦、久間木信夫、金 世一：高速道路の単路部渋滞モデルについて、交通工学、1983年No. 6
- (2) 日本道路公団名古屋管理局：名古屋管理局管内高速道路の機能分析と交通管制に関する調査、昭和59年3月、昭和60年3月、昭和61年3月
- (3) 日本道路公団名古屋管理局：名古屋管理局管内交通統計等作成報告書、昭和61年3月
- (4) 河島 恒、巻上安爾、竹内新一：渋滞シミュレーションモデルによる高速道路の迂回制御効果に関する研究、土木計画学研究・講演集8、1986年1月