

高速道路における迂回制御効果に関する基礎的研究*

Basic Study on Effectiveness of Detour Control for Rural Expressway

巻上 安爾**・河島 恒***・根岸 克典****・竹内 新一*****

by Yasuji Makigami, Kawashima Hisashi, Katsunori Negishi, Shinichi Takeuchi

this report describes the results of simulation study which was carried out to evaluate the effectiveness of detour guidance operation from an expressway for no tire chain vehicles that are to be prohibited to travel through an iced and snowy section in the winter time. The development of queues starting from a chain operation base was simulated using the Expressway Bottleneck Simulation Model, and the effectiveness of the detour guidance operation was evaluated in terms of total travel time for four level of driver's reaction to the detour guidance operation. The simulation model was calibrated against the results of traffic survey which consisted of floating car survey and television camera recording along a study section of the Meishin Expressway.

1. まえがき

高速道路網の充実と交通需要の増大に伴ない、トンネル坑口などの隘路からの渋滞は日常茶飯事のように頻発し、加えて工事や事故さらには冬期の雪水作業に伴なう渋滞など、高速道路本来の機能が著しく損なわれてきている。このため東名・名神の改築のように道路本体を改善して交通容量の増大を計るとともに、各高速道路では交通管制が行われ、各種の制御手法が検討・実施されている。本調査研究はこれらの制御手法のうち迂回制御に着目し、その適

用の可能性を求めたもので、特に冬期チェーン規制実施時通常チェーンベースを頭として発生する渋滞を対象とし、迂回制御実施の可能性とその効果の検討を名神高速道路関ヶ原地区の場合をケーススタディに取り上げて行なったものである。この際の迂回制御の検討対象区間は東名高速道路岡崎インターチェンジ～名神高速道路豊中インターチェンジ間の下り線の区間である。なおチェーン規制および迂回制御実施時の高速道路本線の交通状況は概に開発されている高速道路渋滞シミュレーションモデルを用いた。シミュレーションの実施範囲は、名神高速道路一宮インターチェンジ～京都東インターチェンジ下り線である。図1に本調査研究の対象区間を示す。

2. モデルの構築と現況シミュレーション

(1) モデルの構築

上で述べた高速道路渋滞シミュレーションモデル

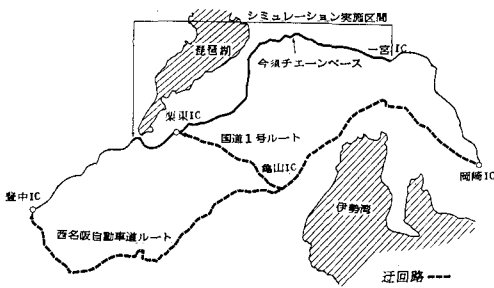
* キーワーズ、迂回制御、シミュレーション

** 正会員 工博 立命館大学理工学部教授
(京都市北区等持院北町)

*** 日本道路公団高松建設局長

**** 日本道路公団名古屋管理局交通技術課長

***** システム科学研究所主任研究員



図一 1 検討対象区間と迂回路

は、交通流を圧縮性の流体として取り扱い、15分のシミュレーション時間帯毎にOD表の形で入力される交通需要のもとに各区間の交通流の特性値を算定していくもので、第8回の研究発表会でもモデルの概要を紹介したものである。同シミュレーションモデルを構築するために必要となる入力データは以下の通りである。

区間別交通容量；従来のモデルに用いた既往データおよび道路構造令における可能交通容量をもとに推計を行った。

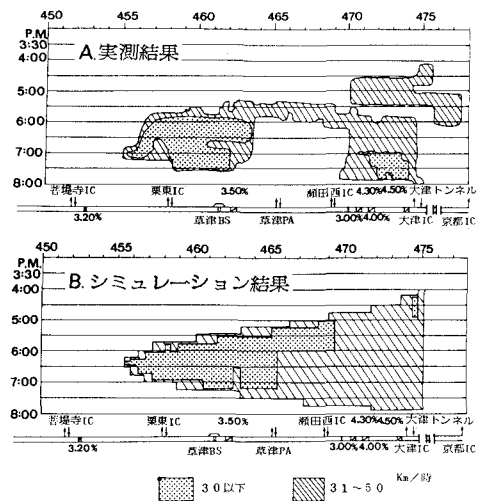
区間別QVデータ；従来のモデルに用いた曲線式およびビデオ撮影結果（下り線、大津トンネル坑口）より得たデータをもとに設定した。

時間帯別インターチェンジ間OD表；下記に示すフローティング調査当日の時間帯別OD表、対象区間にある3地点の車両検知器による時間帯別交通量および昭和58年度道路交通センサスOD表をもとに作成した。

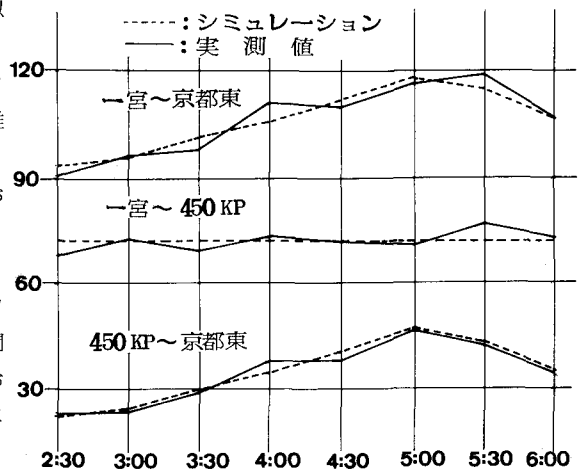
なお、モデルの検証を行うため、昭和61年8月20日（水）にシミュレーション対象区間でフローティング調査を実施している。この結果得られた走行速度のコンター図を図2-Aに示す。

(2) 現状シミュレーションの結果

シミュレーション結果による走行速度のコンター図を図2-Bに示す。この結果を実測によるコンター図と比較すると、実測コンター図で示される2ヶ所の隘路、すなわち470 KP付近の上り3%上り勾配部および大津トンネル入口からの渋滞による速度低下の状況が再現されており、またこれらの隘路区間からの渋滞の発生と解消の時刻ならびに渋滞後尾の到達地点も一致している。また旅行時間の変動



図一 2 速度コンター図



図一 3 旅行時間変動図

をみると図3のとおりであり、実測結果とシミュレーション結果を比較すると以下のとおりである。

- ・ 両者の時間差はどの時間帯においても5分以内に収まっている。
- ・ 特にドライバーの個性による影響が少ないと考えられる渋滞区間（450キロポスト～京都東インターチェンジ間）において、旅行時間の変動状況がよく一致している。
- ・ また、一宮インターチェンジ～450キロポスト間の旅行時間は、実測値の平均が71分53秒であったのに対し、シミュレーション結果で

は全ての時間帯を通して、71分55秒であった。

3. 迂回制御の検討

(1) チェーン規制時のシミュレーション結果

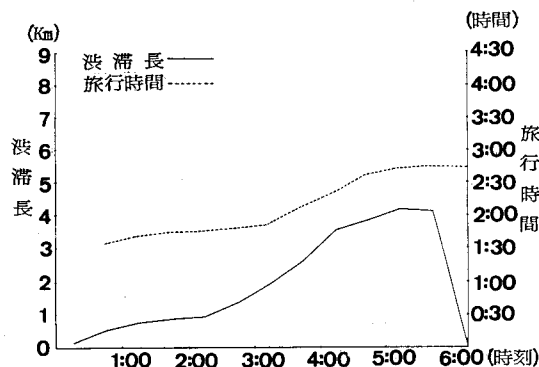
迂回制御の検討を行なうため、以下に示す諸条件のもとにチェーン規制時のシミュレーションを行った。

- ・ 迂回車両により迂回路の旅行時間が変動しないような交通量の少ない午前0時～6時をチェーン規制の実施時間とする。
- ・ 既往調査結果より、規制区内の走行速度は58 km/hとする。
- ・ 50 km/h規制、チェーン規制が行われた実績データをもとに、チェーン規制区間を今須チェーンベース～八日市インターチェンジ間とする。
- ・ シミュレーションに用いたOD表は、先に求めた61年8月20日のOD表に8月と2月の月間区間別日交通量比の平均(0.585)を乗じて作成した。

以降、このOD表を「現況OD表」と言う。

- ・ 今須チェーンベースの交通容量は、既往調査結果より、チェーンベースの夜間の処理能力、390台/時を用いる。

以上の条件をインプットデータとして行ったシミュレーションの結果をみると、今須チェーンベースを先頭とした渋滞が発生し、それに伴ない旅行時間も増大することが明らかになった。図4に一宮インターチェンジ～栗東インターチェンジ間の旅行時間



図一4 チェーン規制時を想定した一宮インターチェンジ～栗東インターチェンジ間の旅行時間の変動図

の変動図を示す。

(2) 迂回路

迂回対象ルートは岡崎からの誘導を想定し、前出図1に示したように以下の2ルートを想定した。

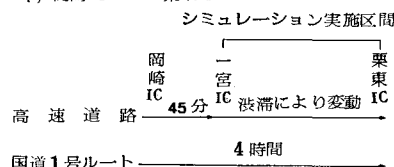
- ・ 岡崎インターチェンジ→国道1号→東名阪自動車道→亀山インターチェンジ→国道25号→西名阪自動車道
- ・ 岡崎インターチェンジ→国道1号→東名阪自動車道→国道1号→栗東インターチェンジ

また迂回路の旅行時間は、既往の調査結果より、西名阪ルートを4時間50分、国道1号ルートを4時間とした。

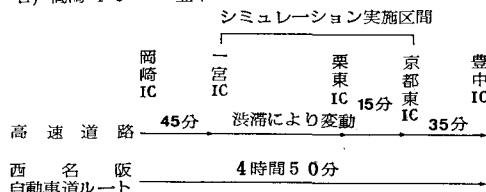
(3) 迂回制御実施の判断基準

検討対象区間と迂回ルートの旅行時間の比較をしてみると図5のとおりである。

イ) 岡崎IC → 栗東IC



ロ) 岡崎IC → 豊中IC

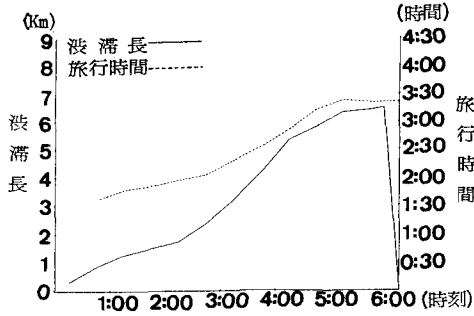


図一5 高速道路と迂回ルートの旅行時間比較

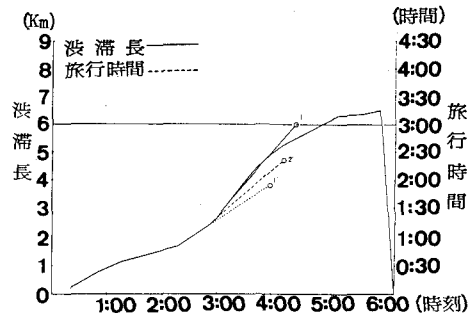
これによると、両ルート共、一宮インターチェンジ～栗東インターチェンジ間の渋滞によって変動する旅行時間が3時間15分をこえる場合に、迂回制御が有効であると言える。

以後、この3時間15分を限界時間という。

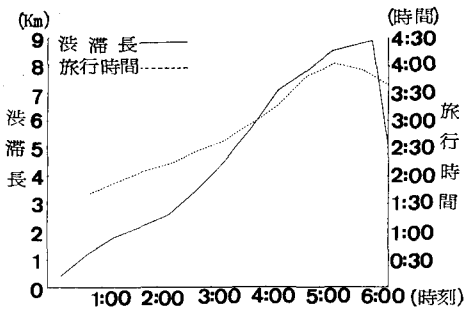
現況OD表にもとづくシミュレーション結果によると、一宮インターチェンジ～栗東インターチェンジ間の旅行時間は最高2時間44分と、限界時間である3時間15分を下まわっており、迂回制御の必要性はない。そこで将来の交通量の増加を想定し、OD交通量全体を1割増し、2割増しした場合について、シミュレーションを行なった。両ケースの旅



図一6 OD量を1割増した場合の一宮インターチェンジ～栗東インターチェンジ間の旅行時間の変動



図一8 迂回制御開始時刻の決定の考え方



図一7 OD量を2割増した場合の一宮インターチェンジ～栗東インターチェンジ間の旅行時間の変動

行時間の変動を図6および7に示す。この結果をみると1割増しのケースの旅行時間の最大値は3時間21分、2割増しのケースで3時間59分といずれも限界時間を上回っており、迂回制御が有効となる時間帯であることが確認された。

(4) 迂回制御の実施

図6および図7に示す一宮インターチェンジ～栗東インターチェンジ間の旅行時間と渋滞長の変動図から、同区間の旅行時間が限界時間である3時間15分以上となるのは、渋滞長が6 km以上となった場合であることが明らかとなっている。

この点から見て、迂回制御を開始すべき時点は、今須チェーンベースを先頭とする渋滞の渋滞長が6 kmをこえる時点を予測し、岡崎インターチェンジを通過する交通が、この渋滞後尾に到達すると判断できる時点と考えられる。

従って、流出推奨を想定している岡崎インターチェンジから渋滞後尾までの旅行時間が、およそ1時

間15分であることを考慮すると、迂回制御の開始時刻は、この旅行時間分だけ事前に渋滞長を予測して実施する必要がある。したがって、図8に示すように、15分間の各シミュレーション時間帯の終了時刻における渋滞長から、この時間帯に於ける渋滞の延伸速度で渋滞が伸び続けると仮定して、1時間15分後の渋滞長が6 km以上になると判断される時間帯の前の時間帯から迂回制御が実施されるものとした。図8に示される現況1割増しのケースでは、午前3時15分から開始されることになる。同様に2割増しのケースでは午前2時15分が開始時刻となる。

なお、迂回制御の対象となる交通は、岡崎以東から来て、栗東以西のインターチェンジで流出する交通が国道1号線ルートへの迂回制御可能な交通とし、岡崎以東から来て豊中以西へ向う交通を西名阪ルートへの迂回制御が可能な交通とした。

このように、岡崎インターチェンジから迂回推奨を行なうのであるから、本来ならばシミュレーションの実施区間を岡崎インターチェンジまでに延長すべきであるが、今回のシミュレーションでは、渋滞が大垣インターチェンジ下流でとどまっており、岡崎インターチェンジ～一宮インターチェンジ間の旅行時間は、シミュレーション実施時間帯の深夜から早朝にかけては、ほとんど一定であるので、岡崎インターチェンジで迂回のために生じた交通量の変動が、この旅行時間の差だけ遅れて一宮から流入するものとしてシミュレーションを実施した。

そこで、走行速度が80 km/時と仮定した場合の岡崎インターチェンジ～一宮インターチェンジ間の旅行時間は46分となるので、岡崎インターチェン

ジでの迂回制御による交通量の変化は、一宮インターチェンジで45分の遅れ、すなわちシミュレーション時間帯で3時間帯遅らせて流入していくものとした。

上に述べた方法で一宮での制御可能交通量を求め、迂回制御を想定したシミュレーションを行った。その際、制御可能交通量のうち、迂回率が10%、20%、30%、40%となる4つのケースを想定して、現況OD表の1割増し、2割増しの2段階の交通量のレベルに対して実施した。

なお、迂回制御を終了する時刻は、いずれの場合もチェーン規制の終了する午前6時にしている。

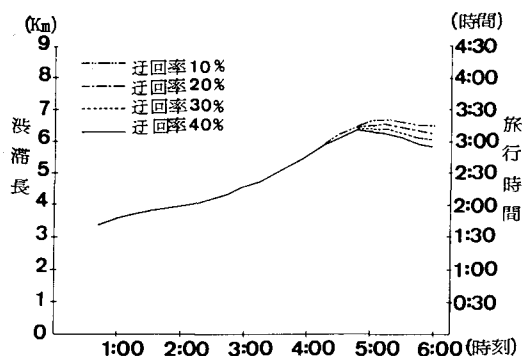
シミュレーション結果より、現況1割増しの場合の渋滞長と一宮インターチェンジ～栗東間の旅行時間の変動状況の迂回率をパラメータとして示したものが図9-AおよびBであり、現況2割増しの場合に対応するのが図10-AおよびBである。

4. 迂回制御の評価

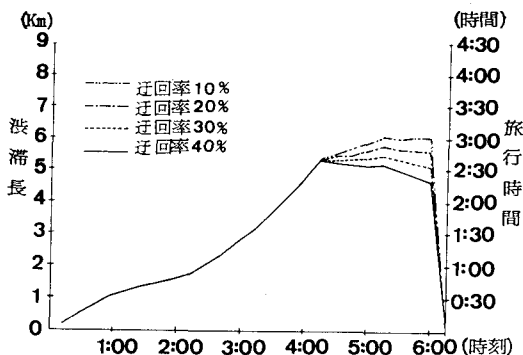
図9および10に示されるシミュレーションの結果をみると、迂回制御が実施されると渋滞長、旅行時間共に減少していることが確認できる。ただし交通量が少ない場合、あるいは迂回率が大きい場合には、旅行時間が限界時間の3時間15分を下回る時間帯も多くみられ、そのようなケースでは、個々の利用者にとっては、迂回の推奨を無視して本線上を走行した方が旅行時間が少く有利である。しかしながら名神高速道路のような幹線自動車国道は、日本における産業、経済の大動脈であり、その評価は一利用者の立場のみに着目して行われるのではなく、国民経済的に考えていく方が妥当であろう。したがってシミュレーション結果から総旅行時間を求めて迂回制御の評価を試みた。なお総旅行時間は、

$$\text{総旅行時間} = \text{旅行時間} \times \text{交通量} (\text{分} \cdot \text{時})$$

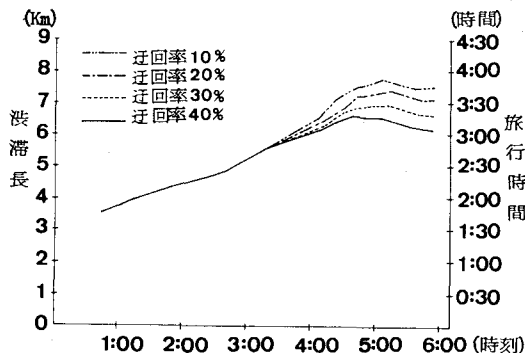
であるので、シミュレーションの各ケースについてシミュレーションの15分間の時間帯毎に高速道路本線と迂回路それぞれの総旅行時間を求めた。ただし「モデルの構築」で示したように、交通量の変動や迂回率の大小による迂回路の旅行時間の変動はなく、常に一定とし、迂回路における総旅行時間の変動は迂回した交通量の大小に比例して変動するものとしている。シミュレーション時間帯毎の本線と迂



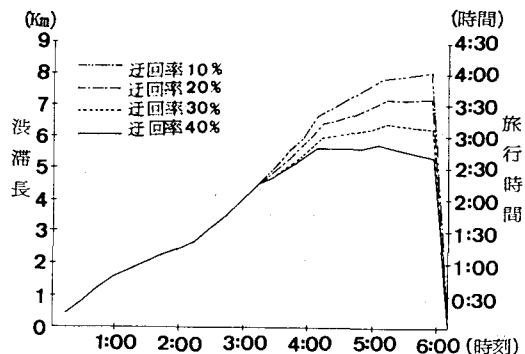
図一9 (A) 現況1割増の場合の旅行時間の変動状況



図一9 (B) 現況1割増の場合の渋滞長の変動状況



図一10 (A) 現況2割増の場合の旅行時間の変動状況



図一10 (B) 現況2割増の場合の渋滞長の変動状況

回路の計算結果の例を表 1 に示す。表に示す時刻は岡崎インターチェンジにおける時刻である。

ただし表 1 のような結果のみでは、15 分毎の各迂回率相互の効果は評価できるものの、迂回制御の開始から終了までの全体を評価することができない。したがって評価値としては、迂回制御の開始から各時間帯毎に、迂回制御をしなかった場合の総旅行時間との差を累加していき、制御終了時点の総旅行時間差を用いるものとした。結果を図 11 および 12 に示す。図において、総旅行時間の差がマイナスになればなるほど効果があがっていることを示している。現況 1 割増しおよび 2 割増しの両ケース共、迂回制御開始後しばらくは値がプラスとなって効果がみられないが、これは渋滞長が迂回路へ回った交通の時間ロスを補う程十分に長くなっていない状況を示している。その後は全てのケースで午前 5 時前後までは総旅行時間差は減少していき効果があがっていることが示されている。この場合当然のことながら迂回率が高いほど効果も高くなっている。

5 時付近をピークとし、その後効果が下っているのは、その時刻に岡崎インターチェンジから迂回し

た車両が、もし迂回しないで 1 時間後に渋滞発生個所に到着したときには渋滞が解消あるいは減少しており、迂回制御の必要がないのに迂回制御をしてしまったためであると考えられる。

交通量が多い現況 2 割増しの場合は、このようなケースでも、午前 5 時以降勾配が上向きとなり効果の減少傾向は認められるものの、総旅行時間の累加値は最終的にマイナスに止まり、迂回制御を行なう方が国民経済的に効果があるといえる。しかし現況 1 割増し程度の交通量のレベルでは迂回制御を行うことが逆効果ともなることを示している。

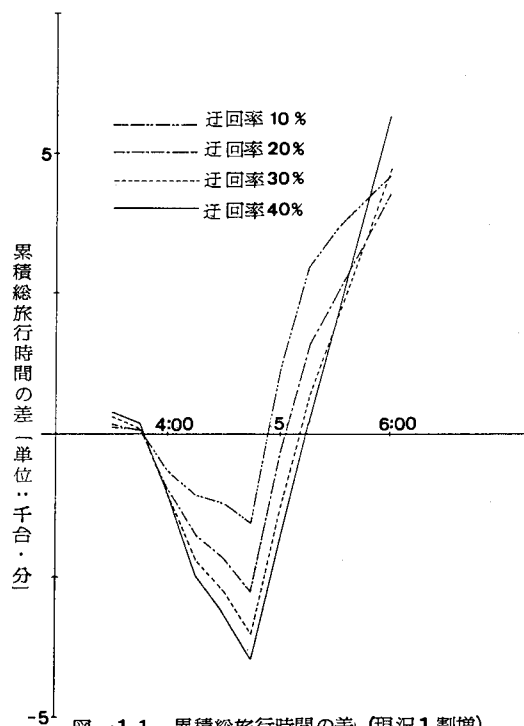
午前 5 時前後以降、効果が減少しているのは、夜明け前に交通量が減少し、これに伴ってチェーン規制による渋滞長も短くなり、本線上の旅行時間が減少していくにも拘らず、迂回の推奨が続けられ迂回路へ回されることによる時間損失に起因しているものと考えられる。

このため、交通量の多少を問わず、迂回制御の効果を最大にするためには、渋滞の解消あるいは減少を予測し、適切な時刻で迂回制御を打ち切ることが重要であると考えられる。

表 1-1 合計総走行台時（現況 2 割増）

（単位：台・分）

岡崎 IC での時刻	迂 回 路							
	10 %		20 %		30 %		40 %	
	高速道路	迂 回 路	高速道路	迂 回 路	高速道路	迂 回 路	高速道路	迂 回 路
2:15～30	29,726.33		27,470.53		2,222.12		22,979.72	
2:30～45	32,262.11	2,485.08	29,794.00	4,970.16	2,339.65	7,455.24	24,904.86	9,940.32
2:45～00	34,722.91		31,924.87		2,922.77		26,575.23	
3:00～15	37,218.63		34,024.11		3,926.76		27,966.11	
3:15～30	25,475.18	2,527.20	21,640.18	5,054.40	1,522.33	7,581.60	15,550.73	10,108.80
3:30～45	26,456.63		22,896.09		1,553.00		16,367.42	
3:45～00	27,459.29		23,705.65		2,161.99		16,826.54	
4:00～15	29,277.98		26,127.56		23,123.39		20,306.07	
4:15～30	14,831.16	1,769.04	12,267.15	3,538.08	9,880.15	5,307.12	7,675.81	7,076.16
4:30～45	14,845.28		12,289.36		9,922.29		7,738.54	
4:45～00	15,179.99		12,555.52		10,135.67		7,915.50	
5:00～15	13,478.69		10,950.08		9,651.88		8,429.36	
5:15～30	13,071.54	1,137.24	11,716.85	2,274.48	11,678.55	3,411.71	10,994.64	4,548.96
5:30～45	12,935.32		12,291.81		11,653.58		11,015.35	
5:45～00	13,237.33		12,599.11		11,960.88		11,322.65	



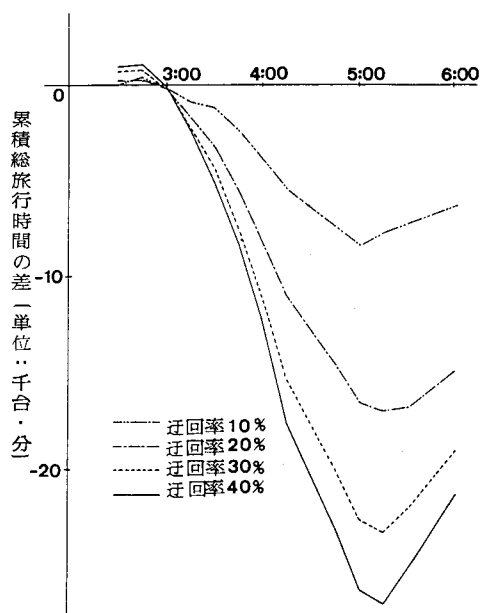
図一11 累積総旅行時間の差 (現況1割増)

5. 結論と今後の課題

本調査研究においては、高速道路における自然渋滞現象についてフローティング調査を主とする実態調査を行ない、その結果にもとづいて与えられた交通需要に対する渋滞領域と旅行時間の変動状況を求めるための交通流シミュレーションモデルを構築し、さらにこのモデルを用いて、雪氷時のチェーン規制による渋滞を検討対象に、その具体的な制御手法として、迂回制御を行なった場合のシミュレーションを数ケースについて行ない、効果の予測とその評価を試みたものである。

この結果得られた成果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 流体力学理論を用いて交通流を解析する渋滞シミュレーションモデルは、本調査区間に於ても、渋滞の発生、伝播状況、到達範囲、旅行時間等について実測した値との検証結果から、再現性を確保していることが確かめられた。
- 2) このシミュレーションモデルを用いて、渋滞発生時の具体的な手法としての迂回制御の効果を予測することが可能であることが示された。



図一12 累積総旅行時間の差 (現況2割増)

3) 迂回制御は、交通量が多く、また渋滞の規模が大きければ大きいほど、その効果も大きくなり、時間が経つにしたがってその効果も増大する。ただし、交通量が少ない時には逆効果となることもある。

4) 渋滞が解消されると、迂回制御は逆効果となりうる。もし迂回制御において渋滞の解消が予測できるならば、迂回制御の効果を最大にすることができると考えられる。

今日の検討において考えられる問題点と今後の課題は以下のとおりである。

- 1) 迂回路の状況に関する資料が少なく、特に本線上でチェーン規制の行われるような降雪状態のときの迂回路の交通状況が不明であった。今後、正確な評価を行なうためには、迂回路に関する調査の実績値が必要である。
- 2) 迂回率として、10%、20%、30%および40%の4段階を想定して評価を行ったが、現在のところ迂回するか否かは、利用者の自主的な判断に委ねられている。このため最適と思われる迂回率を抽出し得ても、実際にその迂回を実行させるためには、何らかの制御方法を検

討する必要がある。

- 3) シミュレーションモデルに入力するQV特性関数および交通容量は、本調査検討においては主として既往のデータを採用したが、モデルの信頼性を高めるためには、より多くの調査・解析が必要であると考えられる。
- 4) 本調査研究においては、迂回路を2ルート設定したが、両迂回ルート共、きわめて大きな迂回である。従って規模の大きい渋滞の方が、迂回制御の効果が上る結果となっている。したがって規模の小さい渋滞の場合により効果をあげるためには、迂回路も短いルートを設定した方がよいと考えられる。この点に関して、今後迂回路もより多くのケースを設定して、比較・検討していく必要があると考えられる。

最後に本調査研究を実施するにあたっては、日本道路公団名古屋管理局の担当者の方々に多大の御協力と御援助を得た。またシミュレーションの実行は立命館大学理工学部土木工学科計画研究室の卒研生諸君によって行われたものである。記して深心の謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 巻上安爾他，高速道路の単路部渋滞モデルについて，交通工学，Vol.18，No.2，1983年，p.3～16.
- 2) 日本道路公団大阪管理局，名神高速道路渋滞現象調査解析報告書，1984年2月
- 3) 高速道路技術センター，名古屋管理局雪氷対策に対する検討委託業務報告書，1984年3月
- 4) 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報告書，1984年3月
- 5) 日本道路公団名古屋管理局，名古屋管理局管内チェーンベース利用実態調査報告書，1985年3月
- 6) 日本道路公団名古屋管理局，名神高速道路冬期迂回路状況調査報告書，1986年3月
- 7) 日本道路公団名古屋管理局，名古屋管理局管内交通統計，1986年3月
- 8) 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報告書