

環境影響を考慮した高規格道路ネットワーク整備に関する研究

A Study on Expressway Network aiming at the Environment Quality

森地 茂*、 屋井 鉄雄**、 岡本 直久***

by Shigeru MORICHI, Tetsuo YAI and Naohisa OKAMOTO

We studied the possibility to diminish the damage of noise and air pollution by High Grade Road Network.

An environment evaluation system was constructed for a wide area of city. Three technical and political measures were considered: 1) the close distance of interchange from city, 2) the short distance between interchanges, and 3) the discount toll for short trip.

These measures were analysed for two purposes: the change of demand and that of the environment condition in a large area of the city.

Finally, we presented the increase of demand for High Grade Roads considering the reduction of smog emission and noise damage inside the city.

1. はじめに

従来より、環境上迷惑施設視される高規格道路であっても、そのネットワーク形態次第で、都市内の全域的な環境の改善を図れる可能性がある。この点が本研究の論点である。

現在の都市間自動車専用道路のネットワーク形態は、東名・名神高速道路建設時の考え方そのまま短距離トリップの排除を前提に構成され、インターチェンジ間隔は平均約11km（昭和63年時）と長い。また、環境上問題が大きいとして、都市中心部とも比較的離れた路線が選定されてきた。そのため、地域内の交通幹線としての機能を十分有するネットワークとはいえない。今後、高規格道路（自動車専用道路）

整備が進められる地域の大半では交通量が少なく需要面から短距離トリップを排除する根拠は低いこと、高規格道路が多極分散型国土の形成を進める上で重要な役割を担うことを考えれば、需要の大きい短距離トリップを積極的に高規格道路に誘導する意義は、利用者利便性および道路採算性の両面で大きい。

このように、今後の高規格道路ネットワークの整備上も、交通需要の動向および計画や政策に対応する変化を踏まえることが重要であるが、ネットワーク整備の実現のためには、ネットワーク形態が交通環境へ及ぼす影響を適切に評価する必要がある。国民の生活環境改善に対する意識は今後も益々向上し、環境保全に対する十分な担保のない道路整備は実現し得ない。需要面からは都市に近接させるべきであっても環境影響の適切な評価なくしては容易に受け入れられないことも明らかである。このように考え、本研究では高規格道路に対する計画理念を見直し新たな整備方針を提案するため、以下のような検討を

* 正会員 工博 東京工業大学教授 土木工学科
(〒152 目黒区大岡山2-12-1)

** 正会員 工博 東京工業大学助教授 同上

*** 学生員 工修 東京工業大学大学院博士課程

行った。すなわち、短距離トリップ需要誘導のため、1) インターチェンジの都市近接性の向上、2) インターチェンジ間隔の短縮、3) 料金制度の3点についての改変の可能性を、①需要の変動、②沿道環境への影響、③都市の全域的環境の三つの視点から検討した。また、それによって高規格道路ネットワーク形態次第で都市内の環境改善が図れることを示すと同時に、上に述べた今後のネットワーク整備方針の是非を論じた。

従来より、高速道路利用トリップ長とインターチェンジの配置の関係についての分析、研究は数多くなされている。渡辺らは各高速道路の平均インターチェンジ間隔と、平均トリップ長との関係を調べ、インターチェンジ間隔の短縮により高速道路が地域幹線の役割を果たすことを示している。¹⁾ また、武部らは、インターチェンジ間隔の短縮にともなう短距離トリップの増加を、インターチェンジ増設前後のトリップ長分布の変化から捉えている。^{2) 3)} 本研究では、これらの研究で示された、インターチェンジのアクセシビリティの向上にともなう短距離トリップ需要の増加メカニズムを、個人の選択行動をモデル分析することによって表現した。

一方、道路環境の評価に関しては、道路沿道の評価に留まらず地域内を対象とした広域的な評価方法の必要性が唱えられている。森津らは、道路交通量の実測値あるいは予測値から沿道環境を予測・評価し、自動車公害対策を支援するシステムを作成している。^{4) 5)} また、森口らは、地域全体の環境を評価する新たな指標の提案と、土地利用等の詳細な地理的情報を取り込んだ環境評価システムを作成している。^{6) 7)} これらは、一般道路ネットワークを対象とした研究であるが、本研究では前述のように、高規格道路が環境上果たす役割に特に着目し、需要モデルを統合して、交通量変化を直接反映する都市圏域環境評価システムの開発を試みた。

2. 高規格道路が需要と環境に及ぼす影響

2-1 高規格道路の環境影響に対する本研究の視点

高規格道路上の走行車両の及ぼす環境影響は、走行速度が高いために騒音、大気汚染物質排出量とも

に一般道路と比べ高くなると言われる。しかしながら、インターチェンジの都市中心部への近接やインターチェンジ間隔の短縮によって、都市内の一般道路上の交通をも高規格道路に集約し利用効率を高めると共に、まとめて適切な環境対策を施すことで、都市全体の交通環境を改善できる可能性がある(図-1、2)。

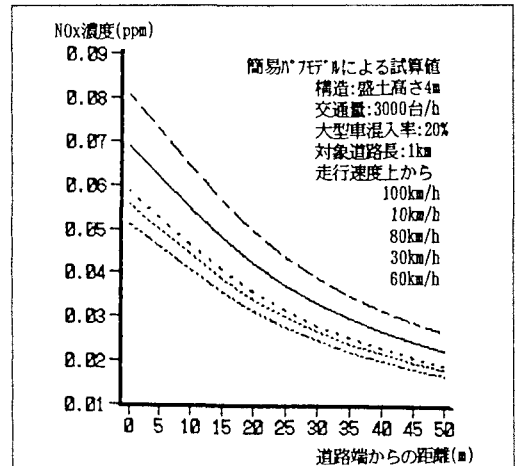


図-1 走行速度と沿道のNOx濃度

簡易パフモデルを用いて走行速度別のNOx濃度を沿道からの距離帯別に示したが、濃度は高速走行時ばかりでなく低速でも高い。

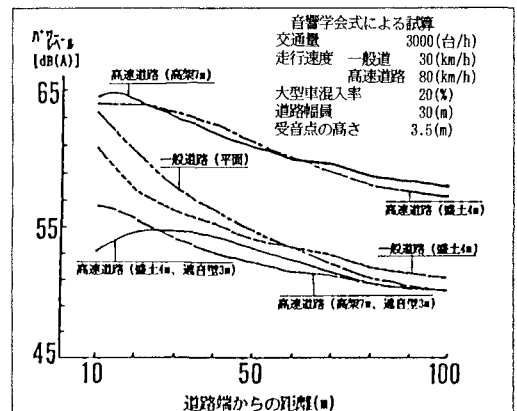


図-2 道路構造と沿道の騒音パワーレベル

音響学会式を用いて沿道からの距離帯別に騒音の変化する様子を試算したが、これより道路構造次第で沿道の環境影響を軽減できることがわかる。また都市内の一般道路では、走行速度の低さゆえ、高規格道路に比して沿道環境が良好であると認識されているが、停車・発進を繰り返す交差点部などの沿道環境はいたるところで問題となっており、必ずしも一般道路の方が環境上良いと言うわけではなからう。

2-2 分析方法の概要

この仮説を検証するため、以下に示す検討を行った。分析対象地域を、甲府市を中心とする中央自動車道路沿線とし、インターチェンジの都市近接性およびインターチェンジ間隔を変化させることによって（注1）、需要、環境の面でどのような影響が生じるかを分析した。都市内の主要ネットワークへの需要配分と同時に、環境影響評価を一般道路を含めた都市内ネットワーク全域で行っている。

高規格道路の需要分析では、従来の高規格道路転換率推計モデルにはない細かな交通条件を説明変数とし、目的別経路選択モデルを作成した（表-1）。

これを受けて、各種の環境評価指標（注2）を計算し^{8) 9) 10)}、都市内道路ネットワーク地域（注3）における全域的な環境影響を評価できるシステムを開発した。そのシステムの概要は図-3である。

昭和60年の道路交通センサスによる現況OD交通量の細分化を行い、高規格道路需要推計のための交通量として用いた。つまり、甲府市を中心とする29市町村を194ゾーンに分割し、それぞれのゾーンの人口、土地利用によって市町村間OD交通量をゾーン間OD交通量へと重み付けして、配分した（12987ゾーンペア）。このゾーン間OD交通量より、高規格道路選択モデルを用いて高規格道路利用交通量を推計し、一方で甲府都市圏内の一般道路ネットワークの配分交通量を推計した（この際に通過交通を別途考慮している）。ここで、高規格道路利用交通量と甲府市内の配分交通量の推計の現況の再現性が高いことを確認している。

なお、騒音、大気汚染を算定するための前提条件として、道路構造を一般道路では平面、高規格道路では盛土（現在の路線）もしくは高架構造（設定する新規の路線）を想定し、各リンクの走行速度、交通量は需要分析によって求められたものを使っている。

表-1 目的別高規格道路選択モデル

説明変数	業務・通勤	私用
アクセス時間 (高規格)	-0.096945 (-3.84)	-0.16501 (-3.43)
ウレスタイム・トリップ時間 (高規格)	-0.097628 (-2.93)	-0.23621 (-2.64)
一般道所要時間 (一般道)	-0.10213 (-5.40)	-0.23588 (-4.30)
料金抵抗 [*] (高規格)	-0.013082 (-3.79)	-0.027857 (-1.81)
定数項	-1.5679 (-2.91)	-2.2799 (-1.63)
尤度比	0.21	0.21
的中率	84.5	94.9
サンプル数	349	354

^{*}料金抵抗＝料金÷ln（年収）

需要推計の対象となる甲府市を中心とした分布交通量のほとんどが、甲府市から50分以内の圏域であることから、パラメータ推定には一般道所要時間も50分以内のトリップを対象として行った。

次の表は、本モデルによるウレ利用交通量の推計結果である。

	推定	センサス
甲府昭和 甲府南	3606 1103	2954 712

中央自動車道諏訪I.C.～勝沼I.C.間で、甲府昭和、甲府南I.C.を利用する交通量の推計値と、60年度道路交通センサスによる測定値。高規格道路利用交通量を求める際には、以下の交通条件を考慮した。
走行速度をトリップ長が10km未満では、25km/hとし、トリップ長が10km以上では、40km/hとした。

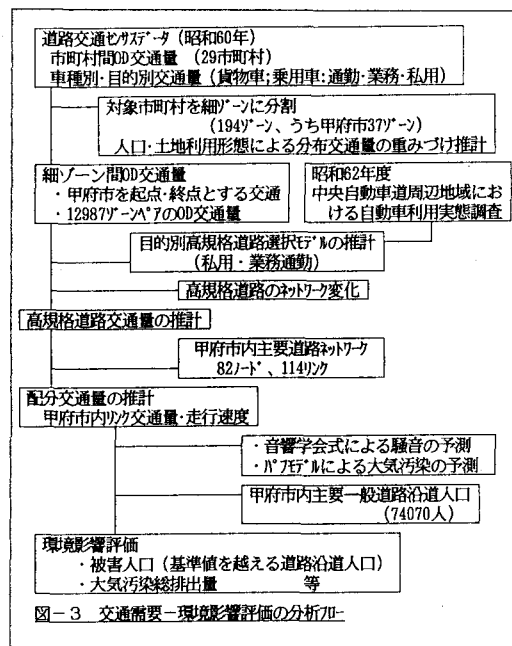


図-3 交通需要-環境影響評価の分析フロー

2-3 需要および環境影響分析の結果

需要分析の結果、路線が都心へ近接すれば、またインターチェンジ間隔が短縮されれば、高規格道路の利用台数が増す傾向が顕著に現れた（図-4）。また、近接性の向上とインターチェンジ間隔の短縮とを組み合わせた「複合」ケースでは、最も利用が多い。

これらの需要に応じた環境影響の分析結果では、高規格道路を人口密度の高い都心部に近付けてより多くの交通量を乗せても、高規格道路の遮音施設を効果的に設置できれば、一般道路を流れる交通量の減少による騒音低下があるために、都市全体の騒音被害を軽減できることを示せた。特に、遮音壁1mを設定した場合では、大方の水準に対して各ケースとも曝露人口が増加するが、遮音壁3mでは、一部を除く水準で曝露人口が減少している（図-5）。

また、 NO_x 濃度指標についても、高規格道路の路線を都心部に近付け、またインターチェンジ間隔を短くすることで、総排出量の削減からみた都市全域の環境改善が行えることがわかった。

0.02ppm 水準を越える曝露人口の変化や沿道総濃度の変化では、多くのケースで環境が悪化しているが、より濃度の高い0.04ppm 水準では逆に改善が見られ、総排出量の変化でも路線および複合の各ケースで、比較的大きく交通環境が改善されている様子が読み取れる（表-2）。

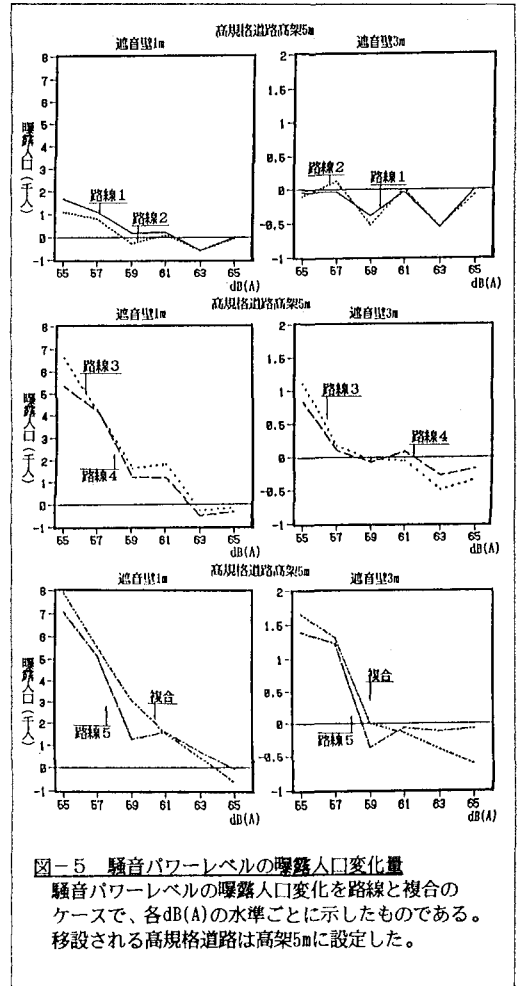
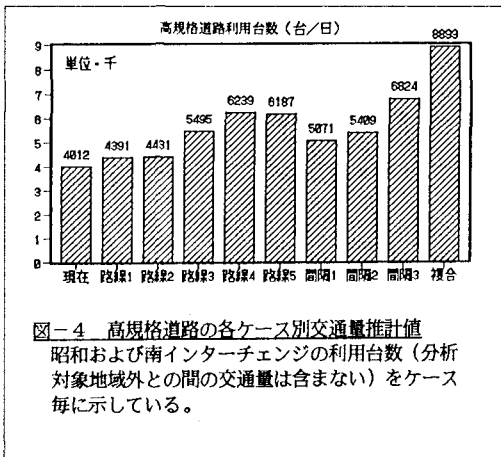


表-2 各種 NO_x 濃度指標によるケース比較

	曝露人口 (人) の変化			沿線総濃度 変化 (ppm・人)	総排出量 の変化 (kg/日)
	0.02ppm	0.04ppm	0.06ppm		
路線1	462	-147	0	16.6	-58.4
路線2	189	-165	0	1.41	-58.4
路線3	2835	-165	-3	146.1	-17.8
路線4	2823	-147	-3	118.3	-49.6
路線5	3477	-147	-3	146.3	-82.8
間隔1	18	0	0	-1.11	-0.669
間隔2	18	0	0	-1.88	0.481
間隔3	183	-156	-3	-1.21	10.5
複合	4065	681	-3	164.5	-75.8

この点をより詳しく調べたところ（図-6）、インターチェンジアクセス部分の環境悪化が見られると同時に、高規格道路と平行する一般道路で環境改善が顕著であることも明らかになった。つまり、2.で述べたように高規格道路のアクセシビリティの向上により、より多くの交通量を高規格道路に集中させることで、都市域内全体の環境の改善が図られることを確認した。

3. 短距離トリップ割引料金の検討

本研究の主眼がより多くの短距離トリップを高規格道路へ誘導するためのネットワーク形態の検討であることから、別の視点として短距離トリップに対する料金の優遇が需要を増加させる可能性を検討した（図-7および注4）。

この試算より、（1）路線1および2の新対距離制を除くすべてのケースで、現行の料金収入を越える収入を得られること、（2）各ケースとも現行対距離、新対距離、区間料金の順に利用台数が増す傾向にあり、当然であるが短距離帯の料金低減により、さらに需要を増加させられること、（3）料金収入については、新対距離制の全てのケースで、現行対距離に比して収入が減少するが、区間料金とすれば路線1から5のケースで現行対距離制と大差ない収

入になること、等がわかる。料金制度の変更は、現行の償還主義およびプール制との整合確保が強い制約となり、需要の少ない地方部の料金負担をさらに軽減させるシステムに問題がないわけではない。

しかし、高規格道路の効率的利用に留まらず、前章で述べたように、都市交通環境改善や、社会資本の十分な活用という視点から、都市内一般道路の利用交通を高規格道路に集中させる交通政策上の意義も否定できない。

4. 高規格道路選択モデルの移転可能性について

需要分析に用いた非集計行動モデルを大都市近郊部の調査データより作成した結果、ほぼ同様のパラメータを得ることができた。分析対象が地方部と大都市部という大きく離れた地理的關係にあるにも係わらず、良好な結果を得たことから、今後経路選択という交通現象の一部をなす行動モデルを広域な都市圏で拡大利用できる可能性が示された。以下に、検討内容を逐次述べる。

本研究の目的が、都市内の環境影響を交通流動の変化によって改善できることを示すことであるため、ネットワークの形態の違いによりもたらされる交通

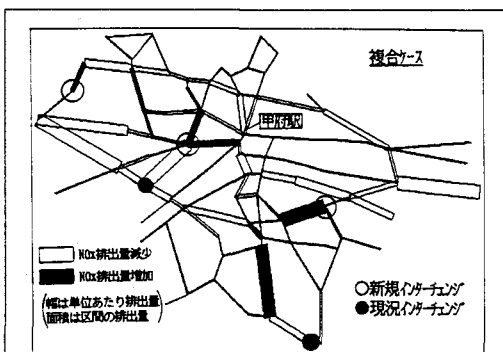


図-6 一般道路上のNOx排出量の変化
複合ケースの各リンク沿道（高規格道路を除く）の排出量の変化。

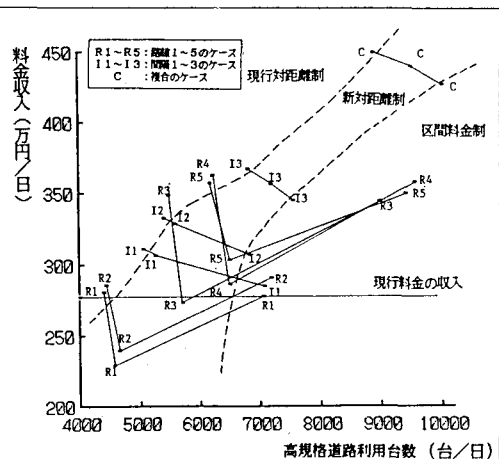


図-7 料金制と高規格道路の交通需要
高規格道路利用台数と料金収入とを各ケース毎にプロットしたもの。

行動の変化を把握することが必要である。つまり、選択行動が個人レベルで行われていることを考えれば、個人の行動特性をつかまえた推計手法がより説明力が高く、様々な要因の変化に対応できると思われる。従来より、高規格道路（自動車専用道路）への転換率に関する研究は数多くなされており、その実用性についての評価は高い。^{11) 12) 13) 14) 15)}

しかし、従来の方法では、ネットワークの一部の変化が、選択行動にどのような影響を及ぼすかを詳細に分析することが難しい。そのため本研究では、個人の行動を直接モデル化する非集計行動モデルを適用した。

非集計モデルは少数のデータで推定でき、地域に依存しないパラメータ構造を特定しやすいと言われる。地域間の移転可能性が高ければ、本研究で対象としたような都市圏ネットワーク内の行動記述が一部のデータで行え、需要分析上の意義が大きい。

そこで、交通量が比較的少なく高規格道路と一般道路の選択が分析しやすい地方部（山梨・長野）と、交通量が比較的多く複数の高規格道路が存在し選択状況が比較的複雑な大都市近郊部の2つの地域を取り上げ、両者のモデルを比較するため横浜・川崎において調査を行い（注5）、同一の説明変数による高規格道路選択モデルを作成した。^{16) 17)} 表-3は有効全サンプルで作成した結果である。各々の一般道路所要時間は平均で横浜43.6分、山梨43.4分であり、平均トリップ時間長が極めて近いデー

表-3 高規格道路選択モデルの推定結果（私用目的）

説明変数	横浜・川崎	山梨
アクセス時間（分） （高規格）	-0.081508 (-4.20)	-0.093004 (-5.09)
イクレス+ラインホール時間（分） （高規格）	-0.025362 (-1.62)	-0.094282 (-4.54)
一般道所要時間（分） （一般道）	-0.12147 (-8.18)	-0.13316 (-9.45)
高速料金（円） $\ln[\text{年収(万円)}+50]$ （高規格）	-0.0074221 (-3.21)	-0.0056511 (-1.88)
定数項	-3.6764 (-6.82)	-3.3358 (-8.86)
尤 度 比	0.36	0.30
的 中 率(%)	81.8	81.0
サンプル数	423	769

タであることがわかる。ここで2つの地域のモデルパラメータの違いを統計的に調べた結果（表-4）、ただ一つの変数（イクレス+ラインホール時間）を除き、他地域へ移転可能であることが明らかになった。

なお、横浜・川崎地域でのモデルの特徴を図-8に示す。

5. おわりに

今後高規格道路の通過路線やインターチェンジ配置を考える際には、従来の国土幹線を目指したネットワーク機能に加え、地域幹線的な役割を備えた整

表-4 パラメータの差異に関するt検定結果

説明変数	t 値
アクセス時間	0.403
イクレス+ラインホール時間	2.27
一般道所要時間	0.532
高速料金（円） $\ln[\text{年収(万円)}+50]$	0.402
定数項	0.490

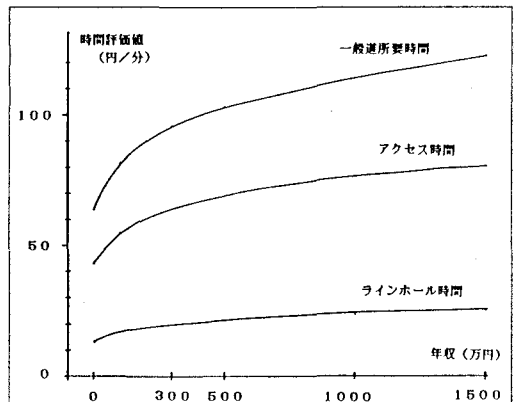


図-8 所得水準と時間評価値

このモデルでは各種所要時間の大小により、高規格道路利用率が変化すること、高規格道路料金により選択が異なること、またその程度は個人の年収により異なることが表されている。つまり、個人の年収により時間に対する評価値（所要時間のパラメータを料金抵抗のパラメータで割って得られる）が異なり、高所得であるほど時間評価値が高いことが表されている。

備が望まれる。本研究では、これに対し、高規格道路の利用効率を増し、かつ都市全域の交通環境を改善可能な、従来とは異なる計画思想の重要性を論じた。分析の結果、以下のことを示すことができた。

- 1) インターチェンジの都市近接や、インターチェンジ間隔の短縮によって、需要の増加、都市内の環境の改善が図れる。
- 2) ネットワーク形態の変化にともなう、都市内環境の評価を行うモデルシステムを開発した。
- 3) 高規格道路需要分析において、非集計行動モデルを用い、広範な地域において適用が可能であることを示した。

しかしながら、本分析では以下のことを検討しておらず、今後の課題として残る。

第1は一般道路の交差点部やインターチェンジ周辺部での複雑な環境影響のミクロな分析であり、第2は一般道路の対象ネットワーク以外への交通量の分散や迂回による環境影響である。これらを考慮することはきわめて重要である。しかし、本研究における環境影響の分析精度が、交通量推計精度に大きく依存しているため、そのようなミクロな検討を試みしていない。この点でみれば、本分析結果が比較的マクロな環境影響分析によるものであると言える。

なお、本研究の一部は、文部省科学研究費（重点領域研究）の交付を得て実施した。

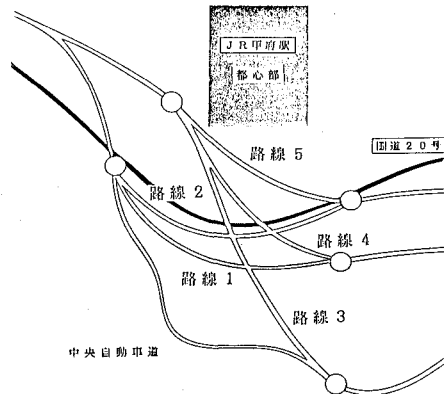
参考文献

- 1) 渡辺 隆、森地 茂、田村 亨、倉林靖夫：わが国の高速道路計画に関する2,3の考察、土木計画学研究講演集、1986
- 2) 武部健一、柳沢祥子ほか：高速道路のインターチェンジ配置と交通需要の関係に関する研究、1986、土木計画学研究講演集
- 3) 武部健一、柳沢祥子：高速道路のインターチェンジと交通需要の関係、1990.2、高速道路と自動車
- 4) 森津秀夫、北山静夫：道路網計画のための沿道環境評価支援システム、1987、土木計画学研究講演集
- 5) 森津秀夫：沿道環境の評価のための支援システムについて、昭和62年、環境科学シンポジウム講演報告集
- 6) 西岡秀三、森口祐一：広域交通公害評価情報システムの開発、昭和62年、環境科学シンポジウム講演報告集
- 7) 森口祐一、西岡秀三：道路交通公害の広域の評価のための指標と支援情報システム、土木計画学研究論文集、1989
- 8) 足立義雄：道路交通騒音に係わる要因の影響度合に関する研究、土木研究所報告、No.164、pp.63-114、1984.11.
- 9) 環境庁大気保全局監修：浮遊粒子状物質汚染の解析・予測、日本環境衛生センター、1987.2.
- 10) 足立義雄、森 寛昭、藤城泰行、田原嘉和、吉川良行：道路走行時における自動車排出ガス量に関する研究、土木研究所報告、No.164、pp.115-160、1984.11.
- 11) 日本道路公団審議室：高速道路の交通量推計手法に関する基礎調査報告書、昭和58年
- 12) 日本道路公団審議室：高速道路の交通量推計手法に関する基礎調査報告書（その2）、昭和59年
- 13) 日本道路公団審議室：高速道路の交通量推計手法の基礎調査報告書、昭和61年
- 14) 日本道路公団審議室：高速道路の交通量推計手法の基礎調査報告書（その2）、昭和62年
- 15) 太田勝敏、音丸 哲：集計型モデルによる高速道路転換交通量推計手法に関する研究、土木計画学研究講演集、1983
- 16) 岡本直久、森地 茂、屋井鉄雄、渡部富博：自動車専用道路の利用特性に関する分析、第43回土木学会年次講演集4
- 17) 柳原幸彦、森地 茂、屋井鉄雄、岡本直久：大都市近郊における高速道路選択モデル、第44回土木学会年次講演集4

(注1)

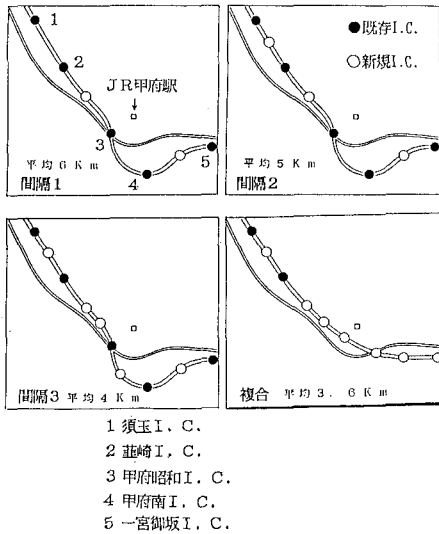
以下の表は甲府昭和インターおよび甲府南インターをそれぞれ甲府市中心部に近づけた場合のケーススタディ概要と、現在の中央自動車道路に新たにインターを設けて、間隔を短縮させたケースの概要である。複合ケースは、路線5にインターを増設させたものである。

また、概略図を以下に示す。



路線図

ケース名	甲府駅と各I.C.間距離 昭和I.C.	南I.C.	高規格道路 沿道人口	高規格道路 対象面積
現況	4.3 km	9.0 km	1941	233.1ha
路線1 (R1)	4.3	6.0	2991	189.0
路線2 (R2)	4.3	4.0	2160	184.8
路線3 (R3)	2.0	9.0	10122	237.3
路線4 (R4)	2.0	6.0	8484	182.7
路線5 (R4)	2.0	4.0	9912	155.4



ケース名	須玉～一宮御坂間I.C.数
現況	5 (I.C.間隔 8.8km)
間隔1 (11)	7 (I.C.間隔 6.0km)
間隔2 (12)	8 (I.C.間隔 5.0km)
間隔3 (13)	10 (I.C.間隔 4.0km)
複合(C)*	9 (I.C.間隔 3.6km)

* 甲府市内のルートは路線5と同一

(注2)

次の表は都市内全域の環境を評価するために指標である。各指標の基準となる予測値(交通騒音の L_{Aeq} と NO_x 濃度)は、等間隔モデルと L_{Aeq} を用いる。道路ネットワークで考える道路端より、15m毎に L_{Aeq} を行い、その中央での各予測値を求め、別途求めた沿道人口のデータを用い、以下の評価指標を算定する。

評価指標	適用対象	単位	内容
曝露人口	両方	人	基準値を越えて被害を受ける人口
曝露面積	両方	ha	基準値を越えて被害を受ける面積
一人当りの騒音 L_{Aeq}	騒音	dB(A)	各沿道人口に対して、それぞれの受ける騒音 L_{Aeq} を要して都市圏全域の人口の重み付け騒音の総和とし、全域において考える人口で一人当たりの騒音 L_{Aeq} とした。
沿線総濃度	大気汚染	ppm・人	各沿道人口に対して、被る NO_x 濃度を乗じた総和。
総排出量	大気汚染	kg/日	甲府市内を走行する自動車の排出する NO_x の排出量の総和

以下の表は、現況の交通環境を試算した結果である。

騒音パワーレベル		一般道路	高速道路	都市全域 ^{*1}
基準値	曝露人口(人)	21495	0	21495
60db(A)	曝露面積(ha)	590.7	0.000	590.7
基準値	曝露人口(人)	5220	0	5220
65db(A)	曝露面積(ha)	134.3	0.000	134.3
一人当たり騒音 L_{Aeq}		57.13	49.38	58.93

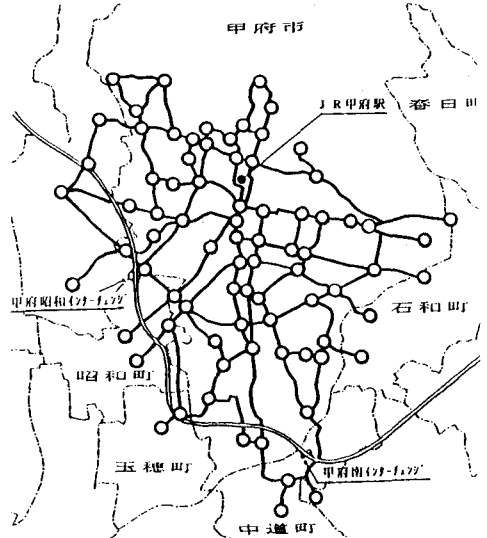
大気汚染(窒素酸化物 NO_x)	一般道路	高速道路	都市全域
基準値 0.02ppm	13296	285	13581
基準値 0.04ppm	3501	0	3501
基準値 0.06ppm	1563	0	1563
沿道総濃度(ppm・人)	906.2	26.19	932.4
総排出量(kg/日)	1561.0	287.5	1849.0

*1: 都市全域 = 一般道路(幹線国道及び、ゾーン中心を結ぶ道路) + 高速道路

現況の中央自動車道路の路線では、人口密集地域から離れた路線であり、かつ、遮音壁による対策が施されていることから、高規格道路による被害はほとんどない。

(注3)

甲府市内の主要な一般道路と各ケースに対応する高規格道路路線の沿道を交通環境の影響を評価するため、以下の図のような道路ネットワークを対象地域とした。図でカバーされる一般道路の沿道人口(道路端から約100m)は、約74,000人であり、甲府市人口の約37%に相当する。なお、配分交通を求める段階で甲府市を通過する交通についても考慮している。



(注4)

短距離トリップに対する割引料金として次のような料金を設定した。現行の対距離料金制(ターミナル $\times$ 100円+21.7円/km)に加えて、新対距離制(利用距離が30kmまでは、ターミナル $\times$ 50円+23.4円/kmとし、30km以上では、現行対距離制)と区間料金制(利用距離に関わらず、1区間ごとに100円、4区間以上の利用の場合は現行対距離制)の2つの料金設定を行った。

(注5)

以下の表は、2つの地域における自動車利用実態調査の概要である。

	山梨県・長野県	横浜市・川崎市
調査年度	1987年 11月 7日～15日	1988年 11月27日～12月14日
調査方法	訪問留置き 訪問回収	訪問留置き 訪問回収
回収結果	配布 回収 回収率	1233世帯 674世帯 54.7%
		1485世帯 914世帯 61.5%