

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

ACCIDENT COSTS THROUGH INFLOW CONTROL
ON URBAN EXPRESS WAY

**

佐佐木 綱, 秋山 孝正, 大藤 武彦

By Tsuna SASAKI, Takamasa AKIYAMA, Takehiko DAIDO

There are many traffic accidents on urban expressway in recent days. In case of traffic accidents, inflow control such as closing on-ramps or decreasing the number of fare booths is operated. Under these situations, users on the expressway are delayed by going in traffic jams or selecting their second-best routes. On the other hand, the operators of expressway suffer some loss caused by dealing with the traffic accidents, or decreasing the number of users on the expressway. In this study, it is recognized that traffic accidents bring some kinds of loss to some subjects, and every loss is treated as accident costs. Types of loss by accidents are classified and actual accident costs in some cases are calculated by traffic assignment method.

1. はじめに

都市高速道路上で交通事故が発生すると、直接的間接的にさまざまな影響をおよぼす。なかでも特徴的であるのは、都市高速道路が構造上一般の街路との出入がいくつかのランプに限られているため、閉鎖された地点で、一旦事故が発生すると高速道路内の交通状況が一転することである。そこで事故による交通の障害をできるだけ短期間で復旧させるために事後的な交通制御として事故地点の関係オンラン

プの閉鎖および流入制御が行なわれている。しかし流入の制御を行なえば、これまで高速道路を利用するはずであった利用者が当該ランプ以外のランプより流入したり、平面街路の利用に移行したりするといった交通流動の変化を生ずる。この結果、利用者は、走行時間の増大から損失を受けるであろうし、また管理者は、料金収入の減少などから損失を被るであろう。本研究では、この点に着目して、交通事故の発生が実際の交通制御を通じて、いかなる損失を与えるかについて検討するものである。まず第2章においては、都市高速道路上で交通事故が発生した場合にいかなる影響があるかについて検討する。第3章においては交通事故の発生にともなって入路制御がおこなわれた際の交通流動の変化を交通量配分手法によって求める手順について述べ、さらに第4章において実際のデータに基づいて、損失の算定をおこなう。最後に第5章において結論をのべることにする。

* キーワーズ：交通事故損失，流入制御

** 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）

*** 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）

**** 都市交通計画研究所 研究員（〒540 大阪市東区内平野2丁目34番地 日田ビル3F）

2. 交通事故の影響について

本節においては、都市高速道路において交通事故（あるいは車両の故障）が生じた場合に受ける損失について、その影響範囲を考える。まず、損失をこうむる主体について考えると、都市高速道路は実際に管理者（公団）によって運営されており、都市域内での道路利用者の利用に供されている。したがって、高速道路上での交通事故についてもこれを社会的な損失として認識するにあたり、いくつかの評価主体を考えることができるが、ここでは

①道路利用者（高速道路および平面街路利用者）

②道路管理者（ここでは阪神道路公団）

の2主体に限定して述べる。

さらにここで、交通事故の発生およびこれに対する交通制御が行なわれた場合の損失をこの両者について考察したものが、表－1である。もちろん交通事故の発生は、さまざまな影響を与えるが、本表では、事後的なランプ閉鎖処理を念頭において考えている。またここに示した損失の中には、(A)②のように実際には非常に少数であるもの、あるいは(B)③、④のように統計的に取り扱えるものと考えられるものについては検討を省略し、交通事故発生前後の交通流動の変化から求められるものに限定することにする。

3. 交通量配分による損失の算定

3-1 概説

ここでは、ランプ閉鎖時の交通流動の変化を考慮した損失の算定を行うことを考える。このとき、実際の交通流動の変化は、高速道路上だけでなく、こ

れと同一の地域の交通需要を受け持つ平面街路にもその影響が及ぶ。したがって、交通流動の変化を表現するためには、高速道路および平面街路の関連するネットワークを対象とした交通量の推計が必要不可欠である。本研究においては、交通量配分手法を用い、交通事故・故障車の発生をリンクの属性あるいはネットワークの変化としてとらえ交通流動の変化を求めることにした。ただし、実際の現象を忠実に表現することは非常に難しい。そこで、本研究においては影響を受ける範囲および影響の程度が実際と大きく異ならないと思われる形で、簡略化した評価を試みた。

3-2 損失の算定方法

(1) 損失算定手順

ここでは交通量配分手法を用いた実際の損失算定手順について述べる。これを概略的に示したものが、図－1であり、本図にしたがって説明する。

①交通量配分手法は実際の交通流動を近似するために、いくつかの適当な時間単位で計算をおこなうものである。特に、実際のランプ閉鎖に対しては、制御の単位に合った時間帯について考えていくことが必要である。そこで、評価のための入力としての交通需要量を時間帯別ODの形で用いる。

②さきに得られた時間帯ごとの平均的なODについて、ランプの閉鎖がない場合（これは、事故・故障車による閉鎖のない場合である。）の平面街路、高速道路の両者を含んだ平常時の交通量配分を行なう。ここで特にその後に比較を行なうことを考慮して、両道路の状況（具体的には交通量、走行速度などの指標）を抽出しておく必要がある。

③つぎに事故・故障車等の発生によって入路の閉

表－1 交通事故の及ぼす影響の分類

評価主体	(A) 道路利用者	(B) 高速道路管理者
事故発生に伴う損失	①交通の閉塞、交通渋滞等による本線上の利用者の走行時間損失 ②閉鎖オンランプ上で待機する利用者の余分な待ち時間 ③高速道路利用のため代替オンランプに向かう利用者の走行時間損失 ④平面街路上の交通が受ける走行時間損失	①日常平均的な高速道路利用率の低下による料金収入の減少 ②ランプ閉鎖時の高速道路利用者の平面街路への転換による料金収入の減少 ③事故発生予防のための安全対策費用、および巡回等の費用 ④事故・故障車発生後の処理費用

鎖がおこなわれた場合の交通流動の状況を知るために、ネットワークの条件を変化させた（実際には、入路制御状況、渋滞発生状況などに基づいて決定）場合の交通量配分を行なう。もちろんOD交通量自体が変化する可能性があるが、ここでは考慮しないこととする。

④各ケースごとに上記のプロセスを計算しておくことで、それぞれの場合についてのランプ閉鎖の有無による交通流動の変化を知ることができる。

⑤さらにこの変化を利用者の走行状態の変化として扱えば時間評価値および高速道路利用料金を用いることで、事故の影響を両方の主体の損失額として求めることができる。

（２）損失算定についての若干の検討

さきに本章における損失算定の概略を述べたが、つぎにランプ閉鎖時の影響について若干の考察をおこなう。このとき実際には「ランプの閉鎖を行なわない平常時の交通量配分結果」と「ランプ閉鎖を伴う事故・故障車発生時の交通量配分結果」が算出される。この２つの場合について、 $i = 1, 2$

（１：平常時，２：ランプ閉鎖時） $r = a, b$

（ a ：高速道路， b ：平面街路）と表わせば、以下のように考察することができる。

まず、道路網全体の全通行台数は閉鎖の有無で変化しないものとするれば、

$$Q = Q_1^a + Q_1^b = Q_2^a + Q_2^b \quad (a)$$

ここでランプ閉鎖によって利用者が受ける影響を全道路（高速道路および平面街路）通行時の時間的な損失としてとらえると、

$$F = (Q_2^a t_2^a + Q_2^b t_2^b) - (Q_1^a t_1^a + Q_1^b t_1^b)$$

となる。これは次のように変形される。

$$\begin{aligned} F &= (Q_2^a t_2^a + Q_2^b t_2^b) - \{(Q_2^a + Q_2^b - Q_1^b) t_1^a + Q_1^b t_1^b\} \\ &\quad [\because Q_1^a + Q_1^b = Q_2^a + Q_2^b] \\ &= Q_2^a (t_2^a - t_1^a) + Q_2^b t_2^b - Q_2^a t_1^a + Q_1^b t_1^a - Q_1^b t_1^b \\ &= Q_2^a (t_2^a - t_1^a) + Q_2^b t_2^b - Q_2^b t_1^a - Q_1^b t_2^b + Q_1^b t_1^a \\ &\quad + Q_1^b t_1^b - Q_1^b t_1^b \\ &= Q_2^a (t_2^a - t_1^a) + Q_2^b (t_2^b - t_1^b) - Q_1^b (t_2^b - t_1^b) \\ &\quad + Q_1^b (t_2^b - t_1^b) \\ &= Q_2^a (t_2^a - t_1^a) + (Q_2^b - Q_1^b) (t_2^b - t_1^b) \\ &\quad \text{①} \qquad \qquad \qquad \text{②} \\ &\quad + Q_1^b (t_2^b - t_1^b) \\ &\quad \text{③} \end{aligned}$$

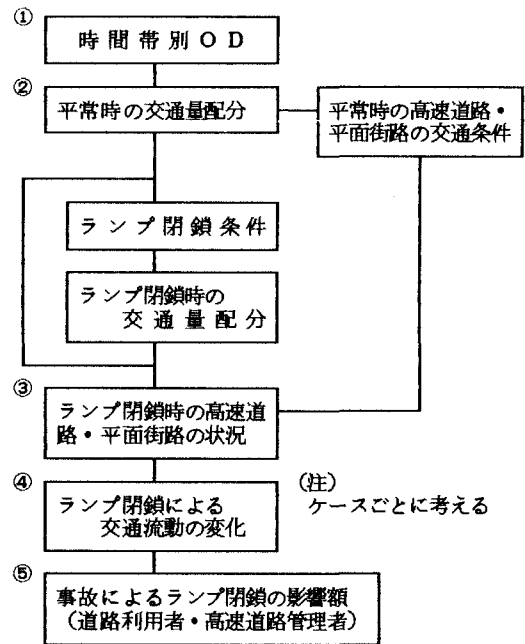


図-1 損失計算の手順

ここで各項について考えると

- ① 本線上の Q_2^a の渋滞による損失
- ② 高速道路から平面街路に移った者の時間損失
- ③ 本来平面街路上にあるもの Q_1^b が受ける損失となり全総和（ a ）を①，②，③に分離して考えることができる。

3-3 交通量推計のためのデータの整備

（１）交通量推計のための前提条件

前節でのべたように、交通量配分手法によって交通流動を考えようとする場合すべての条件を実際の状況に合せることは困難であるので、簡略化のためにいくつかの前提条件を用いることにする。

a) 評価を行なう基準としては、平日の平均的な流動を対象とする。本来は、1日ごとに総交通需要量も変化し、またODパターンも変化するが、簡単のために変化は、代表的な1日にたいして、比例的におこり、またその変動も平日ではあまり大きくはないと判断した。

b) 交通事故・故障車は、高速道路上のあらゆる地点でおこりうるが、これを評価するためには、全高速道路網および全平面街路網を対象とした計算を

しなければならないが、この場合には、影響の範囲が広域となり分析をすすめることが繁雑となるので代表的な路線（ここでは、空港線上り）を対象として算出をおこなった。また影響を受けると考えられる範囲についても対象とするものが空港線であることから高速道路、平面街路いずれも大阪市内および以北の地域に存在するネットワークを考えた。

c) 交通事故・故障車が発生した場合に実際に行なわれるランプの開鎖は、事故等の程度によってもその状況が異なるため、いちがいに限定できないが比較的開鎖のよく行なわれるランプ等より判断して代表的と思われるケースについて算出を行なう。

(2) 時間帯別OD表の作成

交通量配分手法を用いて交通流動の検討をおこなう場合、配分対象となる時間帯の決定は重要である。実際の交通制御結果を示したデータからほとんどの事故・故障車が原因となっている場合の制御は1～2時間程度であるといえる。したがって、あまり長時間にわたって同一の交通条件が継続すると考えるのは妥当ではない。反面、時間帯を極度に細分化すると、時間帯別OD表の作成、および配分計算そのものが非常に繁雑となる。そこで、本研究では、1時間を単位とした時間帯別OD表を作成することにした。OD表は実際には以下の4種類に分けて作成した。

- ① ON-OFF表：高速道路上でのオンランプとオフランプ間の交通需要量
 - ② O-ON表：平面街路上である起点ゾーンよりその交通が利用する高速道路の入路までの間の交通需要量
 - ③ OFF-D表：高速道路の出路地点より目的地に達する間の平面街路利用交通需要量
 - ④ O-D表：平面街路、高速道路のいずれをも含んだ対象地域内のゾーン間の起終点交通需要量
- ここで実際の時間帯別のOD表作成は、「第16回阪神高速道路起終点調査」結果をベースデータとして、全時間帯のODを時間帯ごとに細分割する方法をとった。

3-4 損失算定のための準備

(1) ケースの設定

まず、交通量配分を行なったケースについて説明する。ケース設定にあたっては、事故・故障車それぞれの発生した場合を取りあげること、また時間帯についても比較的事故等の発生する可能性の高いものを選定することを考えて、表-2に示す3ケースを選定した。これらは、いずれも昭和57年の阪神高速道路公団月報データより抽出した。実際の交通量配分において、この交通状況をモデルの上で現出させるための配分条件も併記している。ただし、交通量配分を行なう場合の時間帯は、実際のケースでの

表-2 交通障害にともなう交通流動推定ケース

ケース		ケース 1	ケース 2	ケース 3
障害発生日		9月8日	7月28日	9月22日
交通障害		環状線 3.5 KP 事故による 1 車線障害	空港線上り事故による障害	空港線上り①7.6 KP②5.5 KP ①, ②とも故障車 1 車線障害
発生時間帯		9:23～9:25, 9:35～10:06		①: 7:20～8:34 ②: 7:25～7:35
入路制御状況		梅田, 塚本: 1 ブース開口 (9:40 ～10:30) 豊中北: 閉鎖(9:32 ～10:23) 空港集約: 2 ブース開口 (9:16 ～10:30)	塚本, 加島: 閉鎖 (18:02～18:49)	豊中北: 閉鎖(7:33 ～8:51)
配 分 条 件	時間帯	9 時 ～ 1 0 時	1 8 時 ～ 1 9 時	7 時 ～ 8 時
	本線障害	堂島～北浜区間 1 車線障害		豊中南～豊中北区間 1 車線障害
	入路制御	梅田, 塚本: 1 ブース開口 豊中北: 閉鎖 空港集約: 2 ブース開口	塚本, 加島: 閉鎖	豊中北: 閉鎖

制御時間帯を包含する1時間単位のものをを用いている。これは、事故あるいは制御の程度によっては、交通流動の変化をすべて1時間以内で扱えられるものではないが、逆に制御単位自身が数時間にもわたるケースは少ないことによる。

(2) 計算方法の検討

本研究ではそれぞれの制御ケースに対して、「交通制御のない状態」と「交通制御を行なった場合」の比較によって流動状況の変化を求めようとするため、両状態の表現をする必要がある。前者については平均的交通需要量に対する交通流動を再現すればよいので、さきに求めた平日平均時間帯別のOD表をインプットとして用いてこの配分を行なうことで求められる。これに対して、後者は交通制御によっていくつかのリンクの状態が変化した場合の全流動状況を表現する必要がある。この場合には、これまで空港線を利用していたもの（空港線関連交通と呼ぶ）の変化を考えることになるので、実際の配分計算にあたっては空港線関連でない交通量に対しては、さきのO-ON, OFF-D, ON-OFF表などデータをそのまま用いて、まず各リンクに配分を行なった後空港線関連交通のみの配分を行なう方法をとっている。また具体的な配分方法としては転換率を併用した分層配分法を用いた。

つぎに配分結果に基づいて旅行時間等の各種評価指標を算定する必要がある。特に重要であるのは高速道路・平面街路での利用者の走行時間の変化であるが、配分計算の結果として得られるのは時間帯別のリンク交通量である。そこで、利用交通量と走行速度の関係を示すQ-Vランクを設定し、まずリンクごとに走行速度の算定を行なう。さらにその当該リンクの属性よりリンク内での旅行時間を算定するという手順をとった。

4. 計算結果と検討

4-1 交通流動の変化

交通量配分を行なって得られるいくつかの交通状態の変化を表わす指標を用いて、検討を行なった。すべてのケースについて集計を行なっているが、たとえば表-3は、ケース1についての交通障害発生に伴う総旅行時間の変動を示したものである。この表においては、道路を高速道路と平面街路に分離

表-3 交通障害発生に伴う総旅行時間の変動
時間帯：8~10（単位：台・時） ケース 1

項 目		平常時	障害発生時	
阪神高速	空港線上り関連	1,424.3	1,933.9	1)
	その他	6,789.3	6,720.7	
	計	8,213.6	8,654.6	
平面街路	空港線上り関連	798.4	549.3	2)
	その他	45,614.0	46,713.3	3)
	計	46,412.4	47,262.6	
合 計	空港線上り関連	2,222.7	2,483.2	
	その他	52,403.3	53,434.0	
	合 計	54,626.0	55,917.2	

1) 渋滞により増加した旅行時間：390.1

2) 但し高速利用交通のみ

3) 平常時に空港線上りを利用していた交通：151.3

し、またそれぞれ空港線上り関連交通とその他に分けて集計を行なった。当然のことながら、阪神高速空港線上においては、平常時にくらべて障害発生時のほうが総走行時間が増大している。ここで、本線上での走行時間損失の原因として事故・故障車による渋滞を考えており、総走行時間の項には交通量配分結果に基づく渋滞の量を想定し加算している。また、平面街路交通について集計を行ったものが同時に示されているが、この結果では、空港線上り関連交通において総旅行時間の減少がみられる。これは結局、この項が高速道路と目的あるいは出発点間のアクセス、イブレス分の変化を示しているものであることから、高速道路（空港線）の利用台数の減少に起因する結果であると思われる。したがって平面街路上の利用者としてはこれに、「障害時には平面街路を利用していたが本来高速を利用していた者」についての旅行時間を求める必要がある。これらの量は、ここでは平面街路のその他に含まれて集計されているので関連する部分のみを集計をおこない脚注欄にあげている。

そして、最終的に合計として全ネットワークとしての旅行時間の増大が表わされている。ここでは3ケースいずれも、平面、高速ともに増大し総計で、1,000台時程度の旅行時間の増加がみとめられる。

このほかにもランプの開鎖の有無に対して、「利用交通量のランプ間変動」「大阪市流入方向の主要断面の交通量変化」「平均旅行時間の変化」などの点から、交通流動の検討をおこなっているが、具体的な内容については割愛する。

4-2 損失の算定結果

これまでの結果に基づいて損失の算定を行なう。損失については第2章において考えた場合と同様に高速道路利用者からみた損失と道路管理者の立場からみた損失の両面からの算定を行なった。

a) 道路利用者の損失

利用者からみた損失は、これまでの部分でも考えてきたように、時間的な損失の総和として求めることができる。具体的には総走行時間の変化を損失額に直して評価を行なうことにする。この際時間評価値は、昭和57年阪神高速道路公団で用いられている値として、47.9円/台とした。この算定結果を表-4に示す。基本的な算定手順についてケース1を例に説明する。ケース1のそれぞれの旅行時間の変動は表-3に示されている。これより空港線に関連する交通は

$$1424.3 + 798.4 = 2222.7 \text{ 台時}$$

から

$$1933.9 + 549.3 = 2483.2 \text{ 台時}$$

に変化した。すなわち合計欄の差

$$2483.2 - 2222.7 = 260.5 \text{ 台時}$$

ただしこれに平常時には空港線上りを使用し転換したものの151.3台時を加えると結局

$$260.5 + 151.3 = 411.8 \text{ 台時}$$

の変化があったはずである。

そこでこれを時間価値によって換算すると

$$411.8 \times 47.9 \times 60 \div 10,000 = 118.4 \text{ 万円}$$

の損失が計上される。これは3-2, (2)で行なった説明のうち①, ②の部分すなわち高速道路関連分を求めたものである。また③に対応する部分の算定においては本来は空港線と競合する平面街路上のみを対象とすべきであるが、ここでは交通量配分の結果から知られる平面街路全体の利用について考えることにした。そこで表-3の空港線に関連しない平面街路での旅行時間の増分をもって評価とした。すなわち、

$$46713.3 - 45614.0 - 151.3 = 948.0 \text{ 台時}$$

表-4 損失額の算定結果(ケース1)

区 分	時間損失(台時)	損失額(万円)
①+②	411.8	118.4
③	948.0	272.5
①+②+③	1359.8	390.8

表-5 ケースごとの損失額の算定

ケース	損失時間(台時)	損失額(万円)
1	1359.8	390.8
2	803.5	230.9
3	1429.4	410.8

表-6 道路管理者の損失算定結果

ケース	平面転換 交通量(台)	道路管理者 損失額(万円)
1	314	13.74
2	605	26.47
3	292	12.78

そしてこれを同様に損失額に直すと272.5万円となる。

以上で①, ②, ③が計算されるが、この表では①~③の合計分についての損失も計上している。(表中①+②+③および総合計欄)

以上の計算結果はケース2, ケース3についても同様に求めることができる。これを表-5に示す。

この表をみると1ケースあたり200~400万円程度の損失がもたらされているといえる。

b) 道路管理者の損失

道路管理者からみた損失において直接効果として考慮するのは、高速道路利用者の減少から生じる収入減である。したがって交通量配分を行なった結果求められる開鎖の有無に対応した高速道路から平面

街路への転換交通量の台数変化を知る必要がある。これをケースごとに集計したものが表-6であり、さらに本表では、この平面転換交通量をもとに現行の利用料金、普通車400円、大型車800円より損失額を算定している。計算結果は平面への転換交通量が数百台であることから10～20万円程度の損失が計上されている。この結果をみるとケース1、ケース3は、転換交通量が少ないため損失額も少ないが逆にケース2では大きくなっている。これは結局は閉鎖場所および程度のちがい(ケース2のみ塚本、加島、両閉鎖)が道路管理者の損失にも関与することを示すものである。

5. 結 論

本研究は、都市高速道路において交通事故や車両故障が発生することによって道路利用者あるいは高速道路管理者が受ける損失を算定することを目的として、まず交通事故や車両故障が生じた場合、どのような損失が及ぶかを定性的に検討し、数項目がその評価対象としてとりあげられた。さらに平面街路へ与える影響も考慮するために、交通量配分手法を用いて評価を行なうことを考えた。特にここでは、交通条件の変化を表現するために最初に平常時の平均的な状態を再現し、次にこれに対して、事故の発生、ランプの閉鎖による交通条件の変化を配分条件の変化(リンク条件の変化として表現した)としてとらえることによって事故・故障車発生時の交通状態を表現した。実際にはいくつかの代表的なケースについて算定を行なった。この結果、交通制御としてランプ閉鎖をおこなうことによって事故発生1件当り道路利用者には200～400万円、道路管理者には10～20万円の損失がもたらされていることがわかった。この算定値については、貨物車の時間価値、1時間を越える長時間の制御などを考慮すれば、さらに大きな値として算出されることを付記しておく必要があろう。

このような研究の意義については、いくつかの点が挙げられるが、その主なものとしては、①高速道路利用者に対して交通事故の及ぼす損失が多であることを確認させ安全運転の高揚を計る。②社会的な損失を、いわゆる原因者負担原則に基づいて、とくに公団の負担の程度を明らかにする。③交通安全

対策などの交通事故減少のための投資額決定にあたり、最高限度額の設定基準として用いる、などが考えられる。ただし、このような実用的な目的を意図して金額の算出を行なおうとする場合には、さらに実証的な検討が必要である。

また交通事故は、単に高速道路の効率性の低下だけではなく、安全性、快適性の点など広範囲にわたって、種々の影響を与えている。したがって、本来は、これらすべてを対象とすべきであるが、ここでは、比較的計測の容易な時間損失および転換交通量に関する部分だけを取り上げて考察している。また影響を受ける利用者についても、平面街路へ転換してしまった利用者に対して損失を考える必要はないという議論もあるが、ここでは、都市交通機関全体の利用者という観点から損失を受ける主体のひとつであると考えている。このような評価項目の設定、影響を受ける主体の限定は、種々の問題点を持ち非常に難しい。当然のことながら実際の評価目的とともに考察していく必要があるが、具体的な検討については今後の課題としたい。

最後に本研究の遂行にあたり、データの収集等に御協力をいただいた阪神高速道路公団に対して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 佐佐木綱, 秋山孝正, 都市高速道路の事故渋滞の影響算定方法についての研究, 第38回土木学会年次学術講演会概要集, 昭和58年10月
- 2) 佐佐木綱, 秋山孝正, 交通事故および故障車による交通渋滞から生じる損失の算定についての一考察 第6回土木計画学研究発表会講演集 昭和59年1月
- 3) 阪神高速道路公団, (財)高速道路調査会, 阪神高速道路料金体系研究業務報告書 昭和57年3月
- 4) 阪神高速道路公団, 第16回阪神高速道路起終点調査報告書 昭和56年
- 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時間損失及び料金収入損失の調査研究報告書 昭和59年3月