

高速道路乗り継ぎ制の実用的適用について

Some Practical Applications of Transfer System on Expressways

安田幸司**、大藤武彦***、秋山孝正****

By Koji YASUDA, Takehiko DAITO and Takamasa AKIYAMA

1. はじめに

都市高速道路の一般道路との関係を考慮した交通緩和方策として、「乗り継ぎ制」が提案されている^{1) 2)}。すなわち、「乗り継ぎ制」は、本来料金制度上の特別措置であるが、これと混雑区間に対する（主として環状線）に対する迂回誘導の方法として利用しようとするものである。

すでに平常時に生じる慢性的交通渋滞の混雑緩和を意図した「乗り継ぎ制」について研究が行われ、そのモデル化の方法^{1) 2)}や「乗り継ぎ制」の導入効果が検討されている^{2) 4)}。本研究ではこれらの研究成果を踏まえ、高速道路の乗り継ぎ制のモデル分析の手順を整理するとともに、実際の局面での乗り継ぎ制の実施可能性を検討する。

ここで、高速道路の交通管理において、交通事故発生等の緊急時「強制流出」についても検討も可能となる。強制的な流出車両の高速道路料金の二重支払いは不合理であり、社会的効率性からも「乗り継ぎ」が推奨されるからである。

本研究では「乗り継ぎ制」を平常時および緊急時を対象に検討する。これらの検討から、交通管理と料金政策これらの点から実用性の高い混雑緩和策としての「乗り継ぎ制」の有効性が示される。

2. 乗り継ぎ制のモデル分析の方法

(1) 乗り継ぎを考慮したネットワーク表現

都市高速道路の「乗り継ぎ制」は、都市高速道路

と一般道路で構成される都市内道路網を対象としている。この状況を最も簡単なモデル道路網構成として示したものが図-1である。

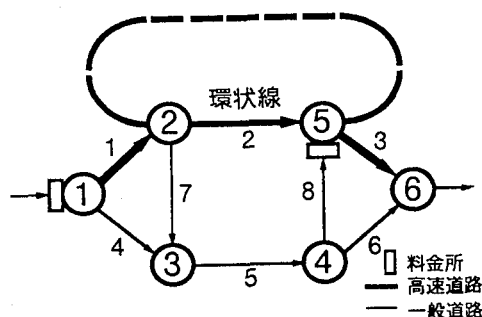


図-1 基本ネットワーク

このネットワークで、都市高速道路の中心部分は環状線（都心部）を表しており、都市街路網の混雑が顕著な一部分を抽出したものである。

このとき「乗り継ぎ」交通とは、たとえば、①～⑥のOD間の交通のうち高速道路（リンク1）を利用し、一担一般道路へ迂回してリンク3手前から高速道路を再度利用するものである。このような「乗り継ぎ」に通常、高速道路料金が二度賦課される。本研究で検討する「乗り継ぎ制」とは、この高速道路への再流入交通に料金を課さない制度であり、これより混雑区間（環状線）に対する迂回を促進させようとするものである。

(2) 乗り継ぎ交通の定式化

乗り継ぎ現象の交通量配分による記述を考える。ここで高速道路の料金は「料金相当分の時間損失」で表現する。これを高速道路オンランプ相当のグミリンクの所要時間として付加する。つぎに「乗り継ぎ」現象の記述を考える。現行の乗り継ぎ制では「乗り継ぎ券」の発行が行われる。この

* キーワード：都市高速道路、乗り継ぎ制、交通管理、交通量配分、事故渋滞
 ** 学生会員 岐阜大学大学院土木工学専攻 (〒501-11 岐阜市柳戸1-1)
 *** 正会員 (株)都市交通計画研究所 (〒540 大阪市中央区釣鐘町1丁目1-11)
 **** 正会員 岐阜大学工学部土木工学科

現象を計算では、乗り継ぎオンランプ直前の「料金相当分の時間」減少として記述している²⁾。

つぎに計算上必要な改良を考える。本例ではリンク5（迂回経路上）に乗り継ぎ交通と一般道利用交通が混在する。これらの交通は、同一リンク上に存在するが、交通費用の算出法が異なるものである。つまりこの交通に対して仮想的な2つのリンクを定義すると、リンク間で交通が相互に影響を与えている形式で表現できる。

このような場合の解法に「リンクの相互作用を考慮した交通量配分法」(Traffic assignment with link interaction)がある。これは(式-1)の目的関数をもつ交通量配分問題として定式化される。

$$\min z_A(x) = \frac{1}{2} \sum_a \left(\int_0^{x_a} t_a(w, x_a) dw + \int_0^{x_a} t_a(w, 0) dw \right) \dots\dots\dots (1)$$

この式より、「乗り継ぎ」を考慮した交通現象は、通常の交通量配分問題の目的関数の若干の変更するだけで計算が可能になることがわかる。

(3) 交通量配分アルゴリズムの修正

上記のように本問題は通常の交通均衡配分の簡単な修正であり実際にはFW法で計算可能である。一般にFW法の計算過程においては最短経路探索が行われる。このとき「Dijkstra法」の適用が一般的であるが、乗り継ぎ交通を記述するためのネットワークにおいては、前述のように「所要時間が負」になるリンクが存在する。これは「Dijkstra法」の前提条件とは異なるものである。

そこで、負のリンクを含む最短経路探索が可能となる「Warshall-Floyd法」の適用を検討する。このアルゴリズムは、全ODペアに対して負の閉路となる経路上のノードの存在を確認ができるため時間効率は悪いが本例には合致する。以上の検討から、高速道路「乗り継ぎ制」のモデル分析のための、通常の交通量配分法に対する修正を次のように整理できる。

- ①同一のリンク上に乗り継ぎ交通と一般道路走行のネットワーク表現する。

②乗り継ぎ交通が存在するリンクを考慮して「リンク相互作用を考慮した目的関数」を作成する。

③乗り継ぎ経路において負のリンクが存在するためWarshall-Floyd法等の負の経路を含んだ最短経路探索アルゴリズムを適用する。

3. 平常時におけるの乗り継ぎ制運用の効果

(1) 均衡状態からみた乗り継ぎ制の適用

これまでに平常時における混雑緩和を意図した「乗り継ぎ制」が提案されている^{1) 3)}。

ここで、図-1で示したように検討対象ODは①～⑥で、交通量を60,000台とする。また都市高速道路・環状線(リンク2)においては上記OD交通量と独立に、一定量(=70,000台)の交通量が走行しているものとする。また、高速道路の通行料金は均一600円(F=600)、運転者の時間評価値を平均90円/分(R=90)と設定した。

まず現行(乗り継ぎなし)の交通均衡状態を求めた結果を図-2に示す。

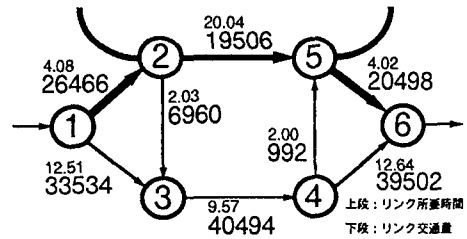


図-2 現行の交通状態(乗り継ぎ無)

さらに、同じ道路網に対して、乗り継ぎ制を実施した場合に生じる交通状態を図-3に示す。

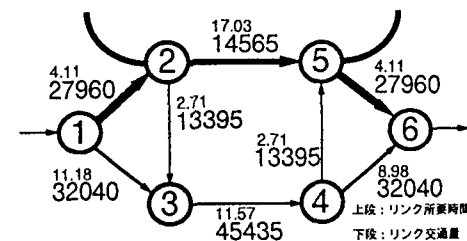


図-3 乗り継ぎ制実施時の交通状態

これらを比較することによって、乗り継ぎ制

の有効性を検討する。まず高速道路環状線からの迂回が発生し、環状線部分では約25%の混雑緩和がある。また所要時間は一般道路・高速道路でそれぞれ9%（34.52分→31.73分）、10%（28.14分→25.25分）程度短縮している。

また全道路網についての総走行時間は12%程度（1,903千台分→1,722千台分）減少し、交通円の滑化が図られることがわかる。また乗り継ぎ（迂回）比率は0.48で、この例では高速道路を利用者の半数近くが乗り継ぎを行っている。また料金収入はほぼ両ケース同額となっており（約16×10⁶円）、大きな減少は見られない。

このように平常時の自然渋滞の混雑緩和に対応した「乗り継ぎ制」の実施は、ネットワーク効率および管理者収入の面から有効であるといえる。このような計算結果は、従来の研究においても報告されているものである⁴⁾。

4. 緊急時における乗り継ぎ制の適用性について

(1) 緊急時における乗り継ぎ

緊急時の交通混雑には、事故・故障車による交通渋滞、休日の工事渋滞によるものがある。

ここでは、緊急事象を一般的な意味から環状線の車線閉塞としてモデル表現した。このとき利用者は緊急事態による時間的損失を被る。また都市道路網では、高速道路の混雑により一般道路混雑の深刻化を招く。そこで「乗り継ぎ」交通を許容道路網全体の効率的運用化を図る。

ここでは交通情報として、事故渋滞区間や迂回推奨が行われたものとする。すなわち、①現行の状態で車線閉塞が生じた場合（乗り継ぎ制無）、②渋滞発生に伴って乗り継ぎ制を実施する場合（乗り継ぎ制有）の場合について交通状態を算出した。また閉塞状態を当該リンク交通容量に対する比率として、2ケース（20%閉塞、50%閉塞）について算出した。

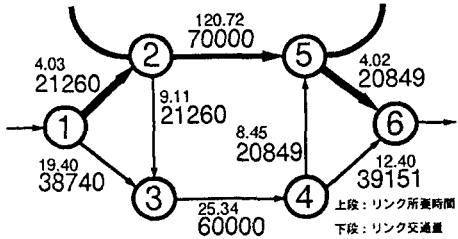


図-4 閉塞率50%の均衡状態（乗り継ぎ制有）

(2) 計算結果と考察

計算結果のうち図-4に、閉塞率50%とした場合の交通均衡状態（乗り継ぎ制有）を示す。この場合、当該ODの高速道路利用交通のうち約98%が乗り継ぎを行っている。表-1に各ケースの計算結果を整理する。

ここでは、当該OD交通量（①→⑥）を対象に評価を行う。リンク閉塞時には総走行時間は増大するが、乗り継ぎ制の実施により、15%～17%の減少がある。

所要時間は、車線閉塞による容量低下から、

表-1 乗り継ぎ制実施有無による評価指標

評価指標	閉塞率 (%)	A：乗り継ぎ制無	B：乗り継ぎ制有	B-A
総走行時間 (単位：台・分)	平常時	1,903,907	1,722,264	△ 181,643
	20	2,299,956	2,264,153	△ 35,803
	50	3,352,840	3,296,640	△ 56,200
支払料金総額 (単位：万円)	平常時	1,647	1,677	△ 30
	20	2,163	1,500	△ 663
	50	2,315	1,276	△ 1,039
均衡所要時間 (単位：分)	平常時	35.0	31.8	△ 3.2
	20	42.3	40.5	△ 1.8
	50	60.2	57.4	△ 2.8

平常時に比べて各ケースとも増加する。しかしながら、乗り継ぎの実施によって5%弱の走行改善が期待できる。さらに、社会的便益を考えると、たとえば閉塞率50%のとき、高速道路管理者は料金収入として1039万円の損益が計上されるが、所要時間短縮による社会的な時間便益（時間価値を用いて換算）として、約1512万円が見積もれる。

5. おわりに

本研究は都市高速道路で実施される乗り継ぎ制のモデル分析法について整理を行うとともに、乗り継ぎ制の有効性について2つの側面から検討を行った。本研究で得られた研究成果は、以下のようにまとめられる。

①交通均衡状態を基本として、乗り継ぎ現象を記述し、モデル化する手順が整理された。すなわち、ネットワーク表現の修正、リン相互作用の考慮（目的関数の変更）、最短経路アルゴリズムの修正により、具体的な計算が実行できることがわかった。

②自然渋滞時の環状線の混雑緩和を目指して「乗り継ぎ制」を検討した。利用者の自律的な意味で迂回現象が促進され、この結果、道路網全体の効率的利用が可能となる。

③緊急時の強制流出を踏まえて、環状線に閉塞が生じる場合の「乗り継ぎ制」実施効果を検討した。乗り継ぎ交通を許容することによって、道路網の効率低下を緩和できる。

このように、混雑緩和を意図した乗り継ぎ制の利用は「通常時」においても「緊急時」においても高速道路と一般道路の交通分担関係を適正化できることがわかる。

ここで本研究における報告は、最小限にモデル化された単一OD交通に関する現象表現を用いている。このため、OD交通需要変動を考慮した検討⁶⁾や複数地点の乗り継ぎ効果を実証的に検討した研究も参考とされる必要がある³⁾。今後、さらに現実的交通管理を検討するためにいくつかの今後の課題を示す。

①本研究で整理した「乗り継ぎ」に対応した交通均衡配分手法は、大規模道路網にも適用が可能である。したがって現実の道路条件や道路網構成を考慮した検討が必要である。

②乗り継ぎ制は、現実には情報提供などの経路誘導問題と関係が深い。したがって具体的な乗り継ぎ制の実施方法と転換交通量の関係をモデルに導入する必要がある。

③緊急時の乗り継ぎは、本来利用者の強制的迂回による経済的・時間的損失を補償する意図を持つものである。したがって混雑料金、区間料金などの具体的料金政策との関連性を検討することが重要である。

最後に、本研究の研究課題について貴重な御示唆を頂いた近畿大学理工学部佐佐木綱教授に感謝の意を表します。また関連問題について貴重な議論を頂いている「阪神高速道路公団交通渋滞対策委員会」の皆様にご礼申し上げます。なお本研究は、文部省科学研究費補助金・試験研究成果(B)(2)[課題番号: 0755167]による研究成果の一部であることを付記します。

参考文献

- 1) 佐佐木綱：高速道路の交通緩和を目指した乗継ぎシステムについての研究，平成3・4年度文部省科学研究費補助金一般研究(C)研究成果報告，1993.
- 2) 秋山孝正・佐佐木綱：高速道路乗継ぎシステムの定式化，第13回交通工学研究発表会論文集，pp.125-129，1993.
- 3) 秋山孝正・大谷茂樹：都市高速道路乗継ぎ制に関する交通均衡分析，第14回交通工学研究発表会論文集，pp.21-24，1994.
- 4) 秋山孝正・安田幸司：都市高速道路乗り継ぎシステム導入による混雑緩和についての研究，平成6年度 土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp.421-422，1995
- 5) 土木学会土木計画学研究委員会編：土木講習会テキスト交通ネットワークの分析と計画：最新の理論と応用，pp.67-74，1987.
- 6) 秋山孝正・安田幸司：高速道路乗継ぎ制に関するモデル分析，第15回交通工学研究発表会論文集，1995 (forthcoming).