

交通シミュレーションを用いた都市高速道路乗り継ぎシステム導入に関する分析*

Analysis of Diversion System for Urban Expressway with Traffic Simulation *

奥嶋政嗣**・秋山孝正***

By Masashi OKUSHIMA**・Takamasa AKIYAMA***

1. はじめに

都市高速道路の都心部の混雑緩和方策として、一般道路との関係を考慮した乗り継ぎ制が検討されている。これは都市高速道路の均一料金制を前提とした特別措置である乗り継ぎ制を、混雑部分の迂回促進を意図した交通管理に応用するものである。

本研究では、現実性を考慮した乗り継ぎ箇所を選定と組み合わせについて検討する。このとき、交通シミュレーションを用いて乗り継ぎシステム導入時の交通流動を推計する。このように、交通流変化に基づく多面的な評価により、「都市高速道路乗り継ぎシステム」の有効な運用形態が導出可能となる。

2. 都市高速道路の乗り継ぎシステム

(1) 混雑緩和のための乗り継ぎシステムの検討

現行の都市高速道路における乗り継ぎ制の運用は特定の出口・入口ペアに関して「乗り継ぎ券」を発行することが基本となる。図-1に示すように、料金自動徴収が可能となると、乗り継ぎ券の受け渡しの割愛が可能となる。これより、乗り継ぎ区間の設定は空間的にも時間的にも容易に変更可能となる。

本研究で取り扱う乗り継ぎ制は、この制度を高速道路の混雑区間の迂回促進を意図した交通管理として利用しようとするものである。これは、一般道路に若干交通量に余裕がある場合、混雑区間を迂回した高速道路の再利用に適用するものである。このため、混雑区間の迂回が容易になり交通混雑が緩和される。

ここで、都市高速道路の乗り継ぎ制に関して、交通均衡に基づく理論分析による知見を整理すると、

*キーワード：都市高速道路，乗り継ぎシステム

**正会員,博士(工),岐阜大学工学部社会基盤工学科
(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1, TEL:058-293-2446, FAX:058-230-1528, E-mail:okushima@cc.gifu-u.ac.jp)

***正会員,工博,岐阜大学工学部社会基盤工学科

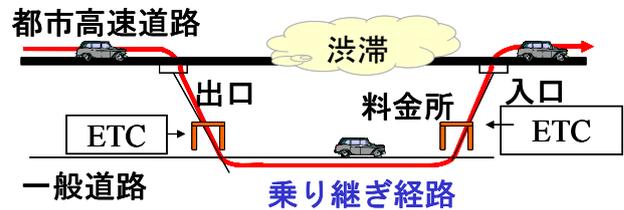


図-1 混雑緩和を意図した乗り継ぎシステム

以下の3点があげられる。

- ①乗り継ぎ制導入により、本線の渋滞緩和だけでなく、総所要時間短縮，料金収入の増収も期待できる。
- ②乗り継ぎランプペアにより導入効果はことなり、とくに環状線通過交通に対して導入効果が高い。
- ③複数ランプペアでの運用は、相互の導入効果を勘案した配置の組み合わせを検討する必要がある。

(2) 対象道路網

ここでは、都市高速道路における交通シミュレーションによる交通流動推計のための各種データ設定について説明する。阪神高速道路・阪神東地区の本線区間のネットワークに対応したモデル記述では、分岐部，合流部，出口，入口および車線数増減がある142地点をノードとして表現し，道路区間を177リンクで構成する。具体的な算定を実行するための都市高速道路のネットワークを図-2に示す。

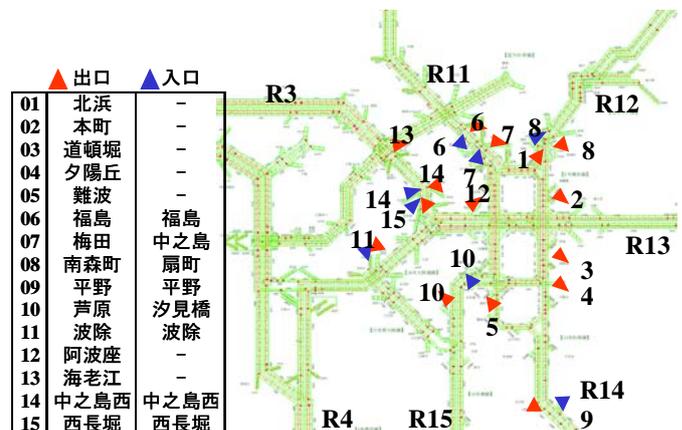


図-2 推計のための都市高速道路網

ここで、対象地域内には62オンランプ、61オフランプが含まれている。これらすべてを対象とし、123リンクを含むネットワーク表現を行っている。

一方、一般道路は主要幹線道路を集約してモデル構成している。交通量配分に用いる一般道路網は、ノード数99、リンク数354で構成される。また、交通需要については、「平成6年度全国道路交通センサス」OD表を参考とした。

(3) 乗り継ぎシステム導入箇所の選定

ここでは、乗り継ぎ箇所の設定方法について説明する。具体的には出口、入口から、それぞれ1箇所を選定し、乗り継ぎランプペアとする。すなわち、出口、一般道路、入口と続く、乗り継ぎ経路を規定することと等価である。以下では、設定したそれぞれの乗り継ぎランプペアについて、交通流動からみた乗り継ぎ制導入効果を検討する。

本研究で取り扱う乗り継ぎシステムは、基本的に環状線の混雑緩和を目指すものとする。このため、**図-2**に示した出口・入口の組み合わせにより、現実的な設定条件を満足する乗り継ぎランプペアとして、72組があげられる¹⁾。これらのランプペアについて、乗り継ぎ制の導入効果を検討する。

3. 交通シミュレーションによる導入効果の推定

(1) 交通流動推計手順の全体構成

ここでは、乗り継ぎ経路を含めた都市道路網全体の交通流動の推定手順について説明する。乗り継ぎ制を考慮した交通流動の推定手順を**図-3**に示す。

「交通流シミュレーション」と「時間帯別均衡配分」を組み合わせることにより、乗り継ぎ交通の詳細な分析を可能としている。このとき、各時間帯では①～⑥のプロセスを繰り返すことにより、交通状況を推定している。ここでは、具体的な算定内容として、主要なプロセスである④交通流シミュレーションと⑥時間帯別均衡配分を以下に整理する。

④交通流シミュレーション：都市高速道路本線上の10秒ごとの交通状況を推定していく。ここでは、個々の車両の乗り継ぎ経路の走行状態は所要時間経過でのみ表現し、乗り継ぎ経路所要時間の経過後に、再度、乗り継ぎ入路より流入させている。

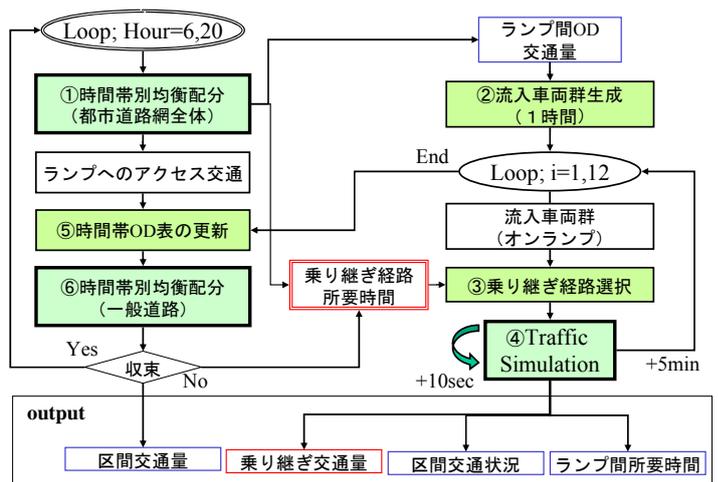


図-3 乗り継ぎ制を考慮した交通流動推計手順

⑥時間帯別均衡配分：一般道路におけるOD交通量を所与として、時間帯別均衡配分により、一般道路の交通均衡状態を更新する。

これらの推計手順により、都市高速道路の乗り継ぎ制導入時の交通流動が一般道路への影響を考慮して交通シミュレーションにより算定される。ここで、推計上の特徴は以下のように整理できる。

①本算定方法では乗り継ぎ制設定時の「一般道路」と「都市高速道路」の広域的な分担関係は1時間単位の交通均衡を前提として推計される。

②都市高速道路利用交通量からの「乗り継ぎ交通量」は高速道路条件の変化に依存して5分単位の迂回行動結果として規定される。

③一般道路の交通状況変化は、都市高速道路からの迂回交通量を既存交通量と併せて再度推計される。

(2) 乗り継ぎ交通量の発生状況

設定した72組すべての乗り継ぎ箇所について、乗り継ぎ交通量の発生状況を推計する。具体的に対象時間帯において、乗り継ぎ交通量の発生したランプペアは56組であった。

乗り継ぎ交通は都市道路網全体の交通変化に対応するため、必ずしもすべての乗り継ぎ可能ランプペアに対して迂回交通量が発生するとは限らないことがわかる。

それぞれの乗り継ぎランプペアの設定での、乗り継ぎ交通量には大小がある。乗り継ぎ交通量が2000台以下のランプペアは11組であった。一方、5000台以上の乗り継ぎ交通量が発

生じたペアは23組であった。このように、乗り継ぎ交通量発生状況には相違が観測される。

(3) 乗り継ぎシステム導入による交通状況変化

ここでは、乗り継ぎ交通量の上位10組の乗り継ぎ制導入効果について、(A)都市高速道路の総所要時間変化、(B)一般道路の総所要時間の変化、(A)+(B)都市道路網全体の総所要時間変化に基づいて評価を行う。これらの算定結果を表-1に整理した。

表-1 乗り継ぎ制導入による総所要時間の変化

		乗り継ぎ交通量(台)	総所要時間の変化(10 ³ veh・min)		
			(A) 高速道路	(B) 一般道路	(A)+(B)
乗り継ぎ制導入なし		0	13,705	121,392	135,098
出口	入口				
R16波除	R12扇町	3,491	△ 1782	△ 101	△ 1792
R11福島	R03西堀	5,212	△ 1627	179	△ 1448
R16阿波座	R11中之島	3,351	△ 1269	△ 47	△ 1316
R03西堀	R14平野	5,572	△ 1546	277	△ 1268
R12南森町	R16波除	6,242	△ 1328	63	△ 1265

全般的には、発生乗り継ぎ交通量に対応して、(A)都市高速道路の総所要時間が大きく減少する。ここで、乗り継ぎ交通量と都市高速道路の総所要時間の減少程度は、必ずしも比例的ではない。これは乗り継ぎ交通量の発生時間帯により混雑緩和の程度が相違することが原因と考えられる。

ここで、ランプペアの組み合わせ「No.33:R16波除出口-R12扇町入口」および「No.36:R16阿波座出口-R11中之島入口」のように、都市高速道路に構造的な問題から通常時においても、本線利用経路が環状線を周回する必要がある場合には、都市高速道路の総所要時間はきわめて大きく減少する。

4. 複数箇所への導入効果の分析

(1) 乗り継ぎ箇所の組み合わせ

現実道路網を対象にした乗り継ぎ制に関して、単一ランプペアについての乗り継ぎ制を導入することにより、主として環状線の混雑緩和効果が得られることが検証された。また、高速道路だけでなく都市道路網全体における総走行時間の減少効果がみられ、都市道路網の効率的な運用としても有効である。

しかしながら、単一ランプペアでの乗り継ぎ制の導入は、道路網全体に与える効果は大きいとはいえ

ない。乗り継ぎシステムを複数ランプペアで導入する場合には、混雑緩和効果が相乗的に増加する場合と増加はするものの相殺効果がある場合が推測される¹⁾。これはネットワーク上の交通流動が相互に関係をもつことによる。

ここで相殺効果は、複数ランプペアを同時に設置した場合に定義できる。都市道路網における総走行時間の短縮便益が、個々のランプペアを設置した場合の走行時間短縮便益の和と比較して、小さくなることを指す。すなわち、乗り継ぎ経路が輻輳することにより、所要時間の短縮効果が減耗してしまう。このため、都市高速道路網全体に対して乗り継ぎ制の効果的な導入を考える場合、その適切な導入ランプペアの組み合わせについて検討する必要がある。

(2) 乗り継ぎ交通量の発生状況

ここでは、個別での導入効果が計測された上位5ペアの乗り継ぎ箇所の組み合わせによる相乗効果、相殺効果について検討する。これら5ペアの乗り継ぎ箇所より、少なくとも2ペア以上のすべての組み合わせについて、交通シミュレーションにより導入効果を推計した。この結果を表-2に整理する。

表-2 複数箇所における乗り継ぎ制導入効果

出口 - 入口	R11	R12	R16	R16	R03	乗り継ぎ交通量(台)	総所要時間の変化(10 ³ veh・min)		
	福島	南森町	波除	阿波座	西長堀		(A) 高速道路	(B) 一般道路	(A)+(B)
	R03	R16	R12	R11	R14	0	13,705	121,392	135,098
	西長堀	波除	扇町	中之島	平野				
1				○	○	6,678	△ 1277	613	△ 664
2			○		○	7,654	△ 1142	358	△ 784
3			○	○		6,417	△ 813	93	△ 720
4			○	○	○	11,277	△ 1969	177	△ 1792
5		○			○	10,126	△ 1532	177	△ 1354
6		○		○		9,239	△ 1262	△ 129	△ 1391
7		○		○	○	14,493	△ 702	161	△ 541
8		○	○			9,884	△ 1917	△ 92	△ 2009
9		○	○		○	15,412	△ 2021	180	△ 1841
10		○	○	○		13,172	△ 2631	△ 115	△ 2746
11		○	○	○	○	19,050	△ 2605	176	△ 2429
12	○				○	11,403	△ 861	186	△ 675
13	○			○		9,284	△ 1397	△ 107	△ 1504
14				○	○	15,298	△ 1434	179	△ 1255
15	○		○			9,901	△ 1840	△ 72	△ 1911
16	○		○		○	15,472	△ 2132	220	△ 1912
17	○		○	○		13,058	△ 1280	△ 59	△ 1339
18		○	○	○	○	18,722	△ 2003	219	△ 1785
19	○	○				13,032	△ 962	45	△ 918
20	○	○			○	18,844	△ 1468	329	△ 1139
21	○	○		○		16,974	△ 2053	20	△ 2033
22	○	○		○	○	22,972	△ 2731	301	△ 2429
23	○	○	○			17,100	△ 2359	68	△ 2291
24	○	○	○		○	23,167	△ 3093	360	△ 2733
25	○	○	○	○		20,463	△ 2741	73	△ 2668
26	○	○	○	○	○	26,639	△ 2640	372	△ 2268

ここで最も総所要時間の減少が大きかったのは、「R12南森町出口ーR16波除入口」，「R16波除出口ーR12扇町入口」および「R16阿波座出口ーR11中之島入口」の3組のランプペアを乗り継ぎ箇所として組み合わせて設定した場合であった。これより，すべてのランプペア5組を組み合わせるよりも混雑緩和に有効に機能する組み合わせが存在することがわかった。

(3) 乗り継ぎシステム導入効果の時間的変動

ここでは乗り継ぎシステム導入時の交通混雑緩和を具体的に検討する。すなわち，乗り継ぎシステムの導入により，環状線部の混雑緩和にともない，都市高速道路関連区間の渋滞緩和効果が算定される。

乗り継ぎシステムを導入しないケースでは16:00-20:00の渋滞量がきわめて大きい。環状線の250mごとの各ブロックの渋滞状況の変化を比較する。ここでは「乗り継ぎシステム導入なし」と「最適組み合わせへの乗り継ぎシステム導入」のそれぞれのケースの算定結果を比較して図-4に示す。

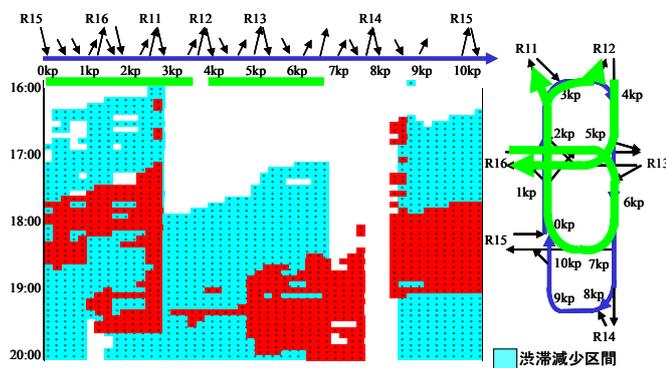


図-4 都市高速道路の渋滞状況の時間変化

乗り継ぎ制の導入により，環状線全線に延伸する渋滞の発生時刻が16:00から17:00まで1時間遅延し，渋滞解消時間が小さくなっている。都市高速道路の本質的な交通混雑緩和が可能となり，各関連区間の交通混雑緩和が可能となることがわかる。

このように，「都市高速道路における乗り継ぎシステム」は適切な乗り継ぎ経路の設定により，有効な運用形態が導出できることがわかった。

5. おわりに

本研究では，都市高速道路における乗り継ぎシステムに関して，交通シミュレーションを用

いてその有効性の分析をおこなった。本研究で得られた成果を，以下のように整理する。

- ① 交通シミュレーションを用いて，都市高速道路の乗り継ぎ制の導入効果を検討した。乗り継ぎ箇所の設定により，全般的には自律的な交通調整がなされるが，都市高速道路の交通混雑状況の相違から総走行時間減少効果には相違が存在することが示された。
- ② 複数箇所の乗り継ぎ箇所の組み合わせ運用について検討した。このとき，広域道路網においては，必ずしも多数の乗り継ぎ区間を同時に設定することが有効ではなく，適切な配置を行うことで，効率的なネットワーク利用が可能となることが示された。
- ③ 時間帯ごとの乗り継ぎ制の有効性あるいは一般道路への影響程度も乗り継ぎ箇所ごとに相違する推計結果を得た。特に道路網上での乗り継ぎ経路に関して，相違した時間的交通変動パターンが観測される。

今後の現実的な運用に向けて，①利用者の乗り継ぎ情報の有無，②乗り継ぎに関する移動抵抗，③経路情報の不確実性などを明示的に考慮した具体的な推定手順を追加した分析が必要である。

【謝辞】本研究で提案した流入制御方法は，「阪神高速道路の交通渋滞対策に関する調査研究委員会」での議論を参考としたものであり，ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 秋山孝正，安田幸司，奥嶋政嗣，椎谷拓也：都市高速道路乗り継ぎ制における最適設定方法についての研究，土木学会論文集，No. 751，IV-62，pp. 13-25，2004.
- 2) 椎谷拓也，秋山孝正，奥嶋政嗣：時間帯別乗り継ぎ制に関するモデル分析，第1回ITSシンポジウム2002 Proceedings，pp. 433-438，2002.
- 3) 奥嶋政嗣，大窪剛文，大藤武彦：都市高速道路における交通管理施策評価のための交通シミュレーションシステム開発，土木計画学研究・論文集，Vol. 20，No. 3，pp. 531-538，2003.
- 4) 奥嶋政嗣，秋山孝正：交通シミュレーションを用いた都市高速道路乗り継ぎ制の有効性分析，第24回交通工学研究発表会論文報告集，pp. 189-192，2004.