

# 都市内高速道路における経路選択行動に関する分析\*

## An Analysis on Route Choice Behavior based on ETC-OD Data in Urban-Expressway\*

永井政伸\*\*・日比野直彦\*\*\*・森地茂\*\*\*\*

By Masanobu NAGAI\*\*・Naohiko HIBINO\*\*\*・Shigeru MORICHI\*\*\*\*

### 1. はじめに

首都高速道路のような都市内高速道路は、利便性や代替経路の確保など様々な観点から広域にわたる道路網を形成している。このような道路網は、経路の選択肢が多く利便性に優れている一方で、利用頻度の低い利用者にとっては、最適な経路選択という点では複雑でわかりにくいという面も有している。このような状況に対応するため、利用者がインターネットなどにより複雑な道路網を認識し、適切な経路選択ができるようなサービスを提供するとともに、高速道路上においては図形情報板や文字情報板などを用いて、渋滞情報や旅行時間情報の提供を行っている。また、近年はカーナビゲーションシステムが広く普及し、利用者の経路選択は以前よりも快適なものとなっている。

経路選択に関しては、高速道路利用者に対して行ったアンケート調査を基に経路選択モデルの構築などを行っている研究<sup>1),2)</sup>などがある。しかし、アンケート調査では対象期間が限られ、サンプル数が少量であること、走行中に記述することは不可能なため、経路選択時の状況を正確に反映しているとは言い難い面もある。そこで、近年、急速に普及しているETC(Electronic Toll Collection System)のデータを用いることにより、アンケート調査よりもサンプル数が多く確保でき、また、利用者の行動実態をより正確に把握することができる。首都高速道路においては、ETCの利用率が約87%(2010年3月現在)<sup>3)</sup>となっている。このような状況から、ETC-ODデータは利用者の行動実態を把握するための有効な分析手段であり、利用者行動分析<sup>4)-6)</sup>、旅行時間信頼性<sup>7),8)</sup>、料金施策に関する研究<sup>9),10)</sup>など、多数の研究が行われている。また、ETC-ODデータには、各利用者のID情報(変換処理

されているため、個人情報(の特定は不可)が含まれているため、利用頻度に関する分析や同一個人が複数回利用する場合の利用毎の行動分析などを行うことが可能である。

情報板などにより提供する情報に関しては、所要時間の精度向上に関する研究<sup>11)</sup>などにより、情報の精度は以前よりも格段に向上している。利用者がネットワークを十分に認識し、精度の高い情報が提供されている場合には、各利用者は旅行時間が最短となる経路を選択することが一般的である。しかし、田中ら<sup>12)</sup>は2経路を有する1ODに対して分析を行ったところ、旅行時間分布が2つの正規分布を有し、等時間原則が成立しない場合があることが報告している。ただし、2つの経路が同じような交通状況で、経路間の距離の差が小さい場合を対象としており、交通状況や距離が大きく異なる場合などの点で研究の余地がある。

本研究は、前述の研究<sup>12)</sup>を発展させ、対象ネットワークを拡大することによって経路間の距離や交通状況が異なる場合、また、これまでの研究では分析の対象としていなかった「同一個人の経路選択行動」を分析するとともに、車両感知器データを用いて経路毎の旅行時間の比較を行うことにより、経路選択行動の要因を分析することを目的とする。

### 2. 分析に用いるデータおよび本研究における定義

#### (1) ETC-ODデータ

ETC-ODデータには、各利用者の出入口名、出入口通過日時、車両車種などのデータとともに利用者を特定できるID情報が蓄積されている。前述したように、このIDは個人を特定できないように変換処理がされているが、変換には規則性があり、同一IDであれば変換後も同一IDとなるため、同一個人が何回利用したか、通常何時頃利用するかなど、個人に特定した分析が可能となる。ただし、同一カードを家族や法人で共有する場合、カードが同一でも車両が異なる場合なども含まれる。表-1には、分析に用いたETC-ODデータの概要を示す。

\*キーワード：交通行動分析，経路選択

\*\* 学生会員，修(工)，政策研究大学院大学  
(東京都港区六本木7-22-1) / 首都高速道路株

\*\*\* 正会員，博(工)，政策研究大学院大学  
(東京都港区六本木7-22-1 TEL 03-6439-6215)

\*\*\*\* 名誉会員，工博，政策研究大学院大学  
(東京都港区六本木7-22-1 TEL 03-6439-6217)

表-1 ETC-ODデータ概要

対象範囲	首都高速道路全線
対象期間	2009年1月9日～2009年9月30日：9ヶ月間 (1月23日および7月23日を除く)
抽出項目	ID (変換後のIDで個人の特定は不可) 入口名, 出口名 入口通過日時, 出口通過日時

(2) 車両感知器データ

首都高速道路上には、渋滞状況の把握、また、それに基づく情報提供を目的として、車両感知器が首都高速道路全体で2,457箇所(2009年7月現在)、300～600m間隔に設置されている。これを用いて常時観測を行い、1分間隔でデータを集計した後、5分間平均値を算出し、情報提供等に利用している。この区間毎のデータをOD間で足し合わせることで、ある時刻に特定の箇所を通過した車両が目的地に到達するまでの旅行時間を算出することが可能である。本研究では、5分間隔のデータを用いて経路毎に各OD間の旅行時間を算出している。

(3) 本研究における定義

選択した経路に関わらず、同一個人が同一ODを複数回利用している場合を「複数回利用者」と定義する。また、同一個人が利用する毎に経路を変更している場合を「経路選択者」、利用する経路が常に同一で経路を固定している場合を「非経路選択者」と定義する。ただし、個人の全利用回数に対する一方の経路の利用回数に関わらず、全て「経路選択者」とし、全利用回数に対する一方の経路の選択比率をその経路の「経路選択率」と定義している。

3. 経路選択に関する基礎分析

(1) 分析対象OD

本研究における経路選択の分析条件として、①1ODに対して経路が2つ存在すること、②同一箇所に2方向の出口が存在することを条件とする。いずれか一方の出口を利用したときにその出口がある方の経路を選択したと判断することができるためである。例えば、図-1に示すように4号新宿線からの利用者が都心環状線(以下、C1)の銀座(内)または銀座(外)出口を利用したかにより、C1内回りかC1外回りのどちらを利用したかを判断できる。このような条件を満たすODは表-2に示すとおりであり、経路間の距離差が小さい場合をCase1：C1内回りまたはC1外回りの経路選択、経路間の距離差が大きい場合をCase2：C1経由または中央環状線経由(以下、C2経由)の経路選択とし、この2Caseに大別して分析を行っている。ただし、Case2でC1経由を選択した場合、内回りまたは外回りの2つの経路が考えられるが、



図-1 経路選択の分析

表-2 分析対象OD

選択経路	流入 (O)	流出 (D)
Case1 : C1内回り または C1外回り	①1号羽田線 (11号台場線含む)	①日本橋 (呉服橋(内),江戸橋(外))
	②2号目黒線	②神田橋
Case2 : C1経由 または C2経由	③3号渋谷線	③北の丸 (北の丸(内),代官町(外))
	④4号新宿線	④震が関
	⑤5号池袋線	⑤芝公園
	⑥6号向島線 (7号小松川線, 9号深川線含む)	⑥銀座
		⑦京橋 (京橋(内),宝町(外)) ※いずれもC1内の出口
		⑧向島 (6号向島線)
	⑨堤通 (6号向島線)	
	⑩千住新橋 (C2)	
	⑪新木場 (湾岸線)	

最短距離の方の経路を選択しているものと仮定し、C1経由と分類している。

(2) 経路選択の比率

最初に全体の傾向をみるため、2009年7月の1ヶ月間のデータを用いて分析を行っている。なお、サンプル数はいずれのODも3,000以上存在し、全体的な傾向を見る上では十分に確保されている。図-2には、Case1のO:2号目黒線⇒D:C1出口をODとする経路選択の比率を例に示す。この場合には、D:C1日本橋で内回りまたは外回りの比率がほぼ同じである。これは2経路間の距離差がほとんどないため、内回りまたは外回りの比率が同じになると考えられる。図-3には月2回以上の複数回利用者に対して、経路選択者および非経路選択者(全て内回りまたは全て外回りを利用)の比率を示している。これによれば、複数回利用者の80%以上は、常に経路を固定している「非経路選択者」である。また、図-4に示すように経路選択率は広く分布しており、利用頻度による経路選択率の差はないものとする。

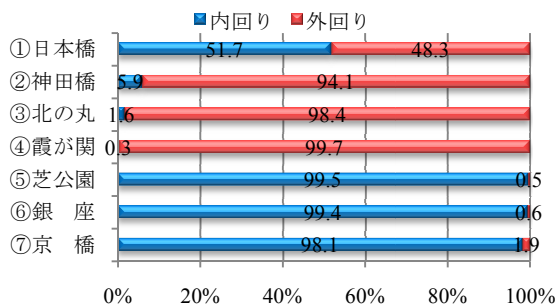


図-2 各経路の選択率 (Case1)

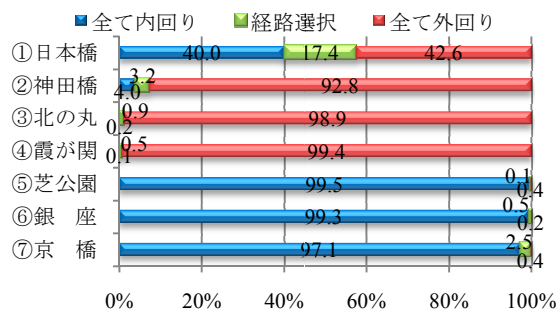


図-3 複数回利用者の経路選択 (Case1)

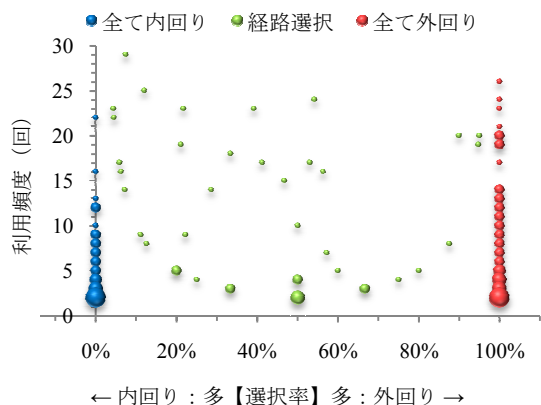


図-4 経路選択率の分布 (Case1)

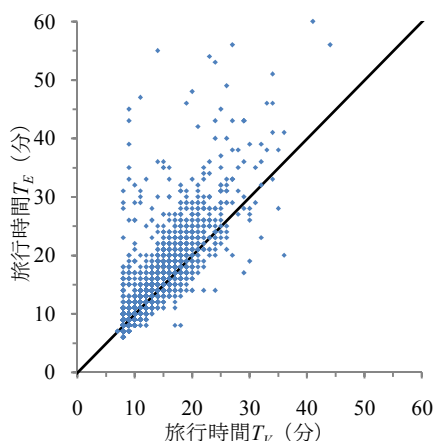


図-5 旅行時間の比較 (Case1-内回り)

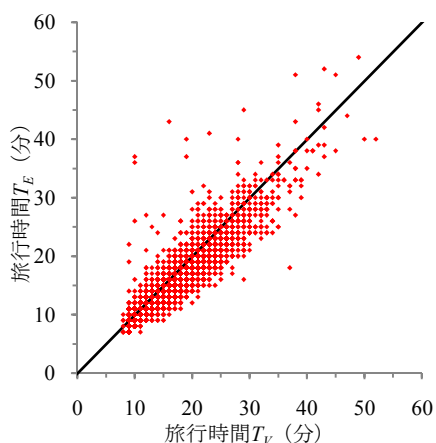


図-6 旅行時間の比較 (Case1-外回り)

表-3 経路選択者の割合が10%以上のOD

選択経路	流入 (O)	流出 (D)
Case1	2号目黒線	C1-日本橋
	3号渋谷線	C1-京橋
	4号新宿線	C1-銀座
	5号池袋線	C1-芝公園
Case2	4号新宿線(C2外側)	6号向島線-堤通
	5号池袋線(C2外側)	湾岸線-新木場

以上のような分析を Case1 : 41OD, Case2 : 15OD を対象に 2009 年 7 月の 1 ヶ月間について分析した結果、複数回利用者のうち経路選択者の比率が 10% を超える OD は表-3 に示す 6OD である。この 6OD を対象に、対象期間を 9 ヶ月間に拡大するとともに旅行時間などの詳細な分析を行った。ただし、ここでは各 Case の代表例として、Case1 は O:2 号目黒線⇒D:日本橋、Case2 は O:5 号池袋線(C2 外側)⇒D:新木場の分析結果を示す。

### (3) 経路毎の旅行時間

前述したように ETC-OD データには、利用者毎に出入口を通過した日時が記録されているため、旅行時間を算出することができる。ただし、同一 OD に限定するとサンプル数が少量になり、同一時間帯における経路毎の旅行時間を算出することができない。そこで、同一時間帯における 2 つの経路の旅行時間を比較するために、車両感知器データを用いて、全ての時間帯における各経路の旅行時間を算出している。

図-5 および図-6 は、ETC-OD データから算出した旅行時間  $T_E$  時間帯における車両感知器データから算出した旅行時間  $T_V$  を比較したものである。Case1 の場合は、内回り、外回りともに RMS (Root Mean Square) は 2~3 分の範囲にある。また、ここには示していないが、Case2 の場合には、OD 間の距離が長いため、各サンプルの旅行時間が大きくなることもあり、RMS は 4~5 分でやや大きくなる。全体的に車両感知器データから算出される旅行時間に比較して、ETC-OD データから算出される旅行時間の方が長くなる傾向にあるが、この理由としては、車両感知器データは特定 OD だけでなく、他の OD を含めた全ての走行車両の平均値であることによるもの

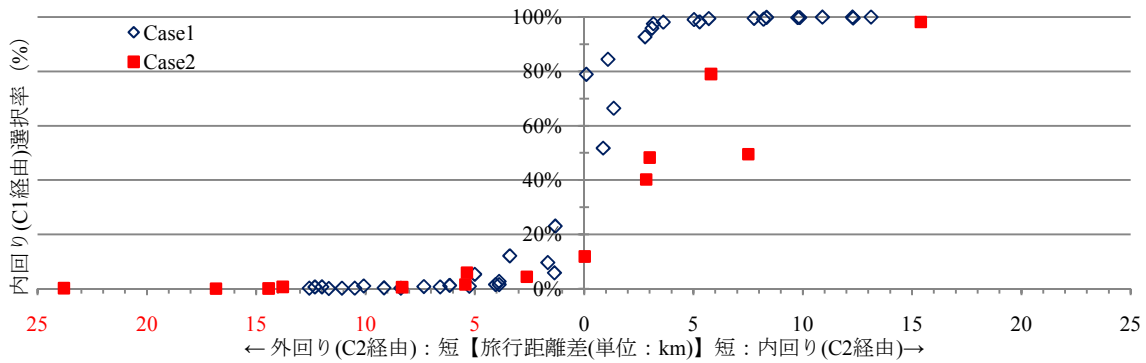


図-7 旅行距離差による経路選択率

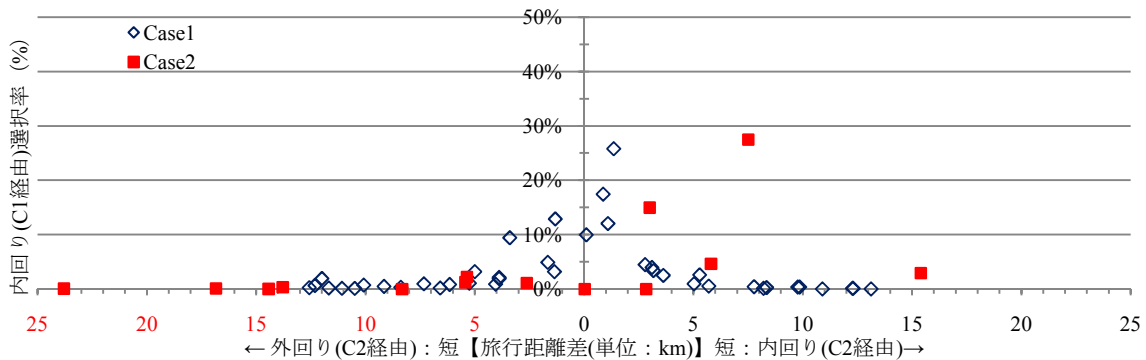


図-8 複数回利用者に占める経路選択者の比率

と考えられる。また、Case2 の C1 経由の OD 間には、パーキングエリアが 2 ヶ所存在し、途中で立ち寄っていることも考えられるため、車両感知器データよりも ETC-OD データの方が、旅行時間が長く算出される傾向にあると考えられる。

#### 4. 経路選択要因

経路選択を行う際に利用者が参考とする情報としては、経路による旅行距離の差、情報板などに基づく渋滞距離や旅行時間、また、利用者自身の経験則に基づく情報などが考えられるが、以下では、経路による旅行距離差と旅行時間差について分析を行っている。

##### (1) 旅行距離差による比較

旅行距離差による比較は、2009 年 7 月の 1 ヶ月間のデータに基づくものである。前述した Case1 の 41OD、Case2 の 15OD の OD 毎の経路間には、旅行距離差が存在し、一方の経路の旅行距離が短い。その旅行距離差と各 OD で内回り(C1 経由)を選択している利用者の比率の関係を示したものが図-7 である。Case1 では経路間の旅行距離差がゼロの場合を中心として、旅行距離の短い方の経路の選択率が高くなるのに対して、Case2 の場合には旅行距離が約 7.5km 長い C2 経由の方を選択する OD もあり、旅行距離だけで経路を選択していないと

判断できる。図-8 には、旅行距離差と同一 OD に占める経路選択者の比率の関係を示す。Case1 では、旅行距離差がほとんどない場合に経路選択者の比率が大きくなり、旅行距離差が大きくなるにつれて経路選択者は少なくなる。一方、Case2 では、図-7 と同様に C2 経由の旅行距離が 3~7km 長い場合をピークにして、経路選択者の比率が減少する。また、全体としては経路選択者の比率が最も大きい場合にもその比率は 30%に満たないことから、複数回利用者の 70%以上は非経路選択者、すなわち、選択する経路を固定している利用者であるということが出来る。

##### (2) 旅行時間差による比較

旅行時間差による比較は、2009 年 1 月~9 月の 9 ヶ月間のデータに基づくものである。車両感知器データにより算出される 2 経路間の旅行時間差と ETC-OD データから判断できる実際に選択した経路の関係を表したものが図-9 である。なお、ここには、平日の全時間帯におけるデータを 3 分平均した値を示している。図-7 では、Case2 で旅行距離差がある場合にも、距離が長い経路を選択する OD が存在したが、旅行時間差で表すと基本的には旅行時間の短い方の経路を選択する傾向にある。したがって、利用者は旅行距離に基づいた経路選択を行うのではなく、旅行時間に基づき、経路選択を行っているということが出来る。

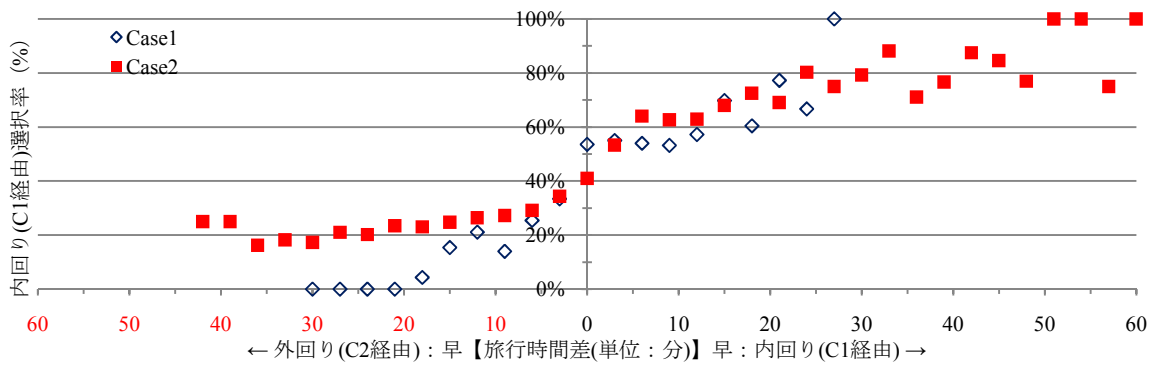


図-9 旅行時間差による経路選択率

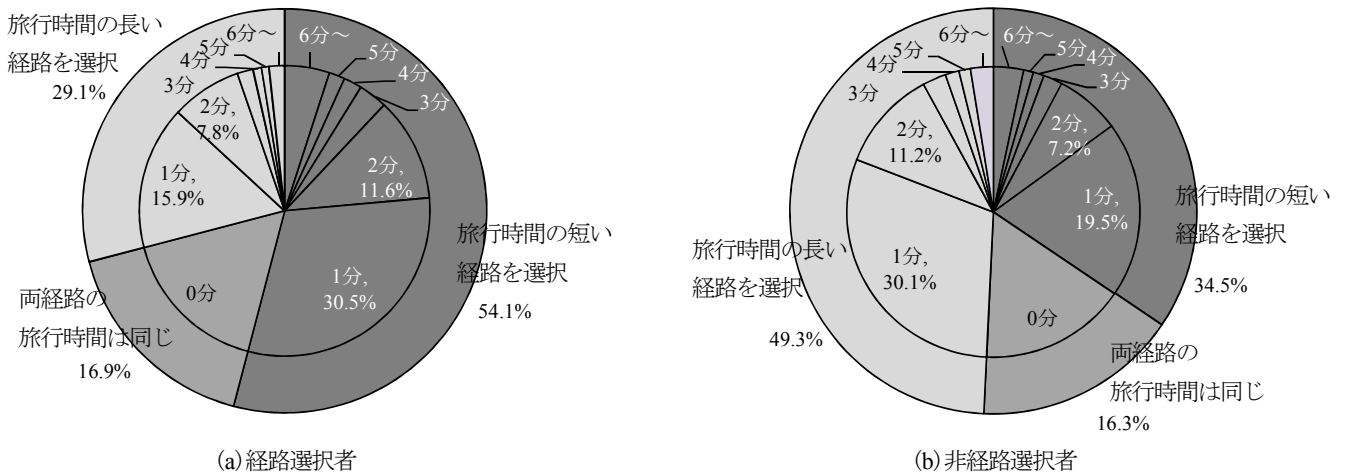


図-10 選択経路と別経路の旅行時間の比較 (Case1)

表-4 経路選択時の交通状況 (Case1)

	日時	曜日	選択経路	旅行時間 $T_E$ (分)	旅行時間 $T_V$ (分)		交通状況
					内回り	外回り	
1	7/13 8:39	月	外回り	11	25	13	落下物による渋滞(内:銀座付近)
2	7/28 8:38	火	内回り	10	11	12	渋滞(内:神田橋~江戸橋)
3	7/29 8:49	水	内回り	17	17	19	渋滞なし
4	7/30 8:44	木	内回り	19	19	22	渋滞なし
5	7/31 8:39	金	内回り	21	16	17	渋滞なし

(3) 経路選択者と非経路選択者の旅行時間

図-10は、経路選択者と非経路選択者の各々について、実際に選択した経路の旅行時間と別の経路の旅行時間を比較し、旅行時間が短い経路を選択したか否かを表したものである。ここでは、Case1 の場合のみを示すが、Case2 についても同様の傾向である。これによれば、経路選択者は旅行時間の短い経路を選択している比率が高く、経路選択者は非経路選択者に比べて、適切な経路選択を行っている傾向が強い。一方、非経路選択者は、利用経路を固定しているため、旅行時間が最短となるための交通状況に応じた経路選択をしていない。こうしたことが、等時間原則が成立しない一因と考えられる。

(4) 経路選択時の交通状況

旅行時間に基づいた経路選択が行われていることは、これまでに述べたとおりであるが、経路選択者がどのよ

うな事象が発生している場合に、経路を変更しているかについて検証した。表-4には、頻度月5回の利用者が、内回り4回、外回り1回利用した例を示す。この利用者の場合、基本的には内回りを利用するが、C1内回りで渋滞が発生していたため、外回りを利用している。このときの渋滞情報は、情報板によって取得していると考えられ、情報板により適切な経路選択を行った例と判断できる。反対に、非経路選択者の場合には、渋滞しているにも関わらず、経路変更を行わないため、渋滞している経路を選択する例も存在する。経路変更に影響を及ぼしていると要因としては、情報板や時間帯など利用者の経験によるものが考えられるが、本研究で示した事例は統計的なものではなく、これらについては今後の検討課題とする。

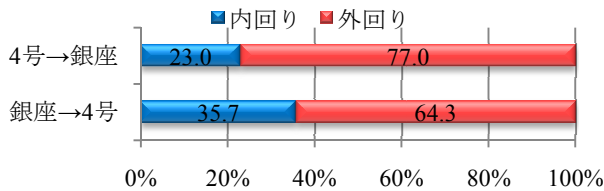


図-1-1 4号新宿線⇄C1 銀座の経路選択状況

### (5) 街路状況による経路選択

図-1-1は、O:4号新宿線⇒D:C1銀座の経路選択の比率およびODを反対にした場合(O:C1銀座⇒D:4号新宿線)の経路選択の比率を示す。ODが反対の場合にも、外回りを選択する比率の方が大きくなる。また、同一個人に着目すると、往復のいずれを利用する場合も、外回りだけを利用する例が多くある。両経路とも同程度の交通状況であれば、反対方向の場合には、内回りと外回りの比率が逆転するのが自然であると考えられるが、前述したような例がある。これは、一つに高速道路と街路間の利便性に起因するものと考えられる。前述のODの場合、外回りを利用する場合、高速道路を降りた後、都心方向および反対方向にもアクセス(左折・右折)可能であるが、内回りを利用する場合は、右折不可のため、都心と反対方向に直接行くことができないため、迂回する必要がある。また、入口を利用する場合も外回りが両方向からアクセス可能なのに対して、内回りは都心方向のみ直接高速道路に入ることが可能である。同一OD間の両方向の選択経路が、一方向(ここでは外回り)に偏るのは、こうした街路状況も一因であると考えられる。

### 5. おわりに

本研究は、ETC-ODデータおよび車両感知器データを用いて、利用者の経路選択行動に関して分析を行ったものである。特に、ETC-ODデータから同一個人が利用する毎にどういった経路選択を行うかに焦点を当てて分析を行った。本研究から得られた結論は、以下のとおりである。

- 1) ETC-ODデータを用いることによって、利用頻度や利用する毎の経路選択行動の分析が可能となる。
- 2) C1経路またはC2経路の経路選択は、距離が長い場合にも旅行時間の短いC2経路を選択しており、各経路の旅行距離ではなく、旅行時間に基づいた経路選択が行われていることが統計的に示された。
- 3) 複数回利用者のうち、経路選択者の比率は30%に満たず、70%以上は利用する経路を固定している非経路選択者である。
- 4) 経路選択者は、非経路選択者に比較して、旅行時間が最短となる経路を選択している比率が高い。反対

に非経路選択者は渋滞状況等に応じた適切な経路選択をしていない。そのため、2経路間には等時間原則が成立しない。

今後、経路選択の1つの要因として考えられる図形情報板に表示される渋滞距離などの交通情報や利用者が直面する交通状況と経路選択の関連性を検証し、今後の情報提供に役立てたいと考える。

### 参考文献

- 1) 大口敬, 羽藤英二, 谷口正明, 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田紳之: 首都高速道路における経路選択行動に関する実態調査, 土木学会論文集, No.590/IV-39, pp.87-95, 1998.
- 2) 羽藤英二, 谷口正明, 杉恵頼寧, 桑原雅夫, 森田紳之: 複数交通情報リソース下における情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集, No.597/IV-40, pp.99-111, 1998.
- 3) 首都高速道路(株)HP: <http://www.shutoko.jp/>
- 4) Keshuang TANG, Masao KUWAHARA and Hiroshi WARITA: Analysis of Departure Time Choice of Morning Commuters on MEX Utilizing ETC Data, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 5) 山崎浩気, 宇野伸宏, 塩見康博, 太田修平, 倉内文孝: ETCカード利用者の行動変化に着目した新規路線供用効果分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 6) 小根山裕之, 秋元健吾, 大口敬, 鹿田成則, 割田博: ETCデータを用いた首都高速道路における事故発生時のランプ選択行動に関する実証分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 7) 舌間貴宏, 村重至康, 山岸肇, 大内浩之, 堀口良太: アプリック情報を活用した都市間高速道路における旅行時間予測手法の研究, 第6回ITSシンポジウム講演集, pp.137-142, 2007.
- 8) 宇野伸宏, 倉内文孝, 嶋本寛, 山崎浩気, 小笹浩司, 成田博: ETCデータを用いた都市間高速道路の旅行時間信頼性分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.35, 2007.
- 9) 杉江功, 山本昌孝, 神野裕昭, 吉岡正樹: ETCデータを用いた有料道路の料金体系にかかる社会実験の効果分析, 第26回交通工学発表会論文報告集, pp.149-152, 2006.
- 10) 萩原武司, 吉村敏志, 宇野伸宏, 倉内文孝, 小澤友記子: ETCデータに基づく時間帯別ランプ間OD表の交通流シミュレーションへの適用—デイリーな交通マネジメント施策導入の事前評価—, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 11) 例えば, 割田博, 岡田知朗, 田中淳: 所要時間情報の精度向上に関する研究, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, pp.301-304, 2001.
- 12) 田中厚, 森地茂, 日比野直彦: 都市高速道路におけるETC-ODデータの経路交通量推計への適用に関する研究, 第29回交通工学研究発表会論文報告集, pp.249-252, 2009.