

# ETC2.0プローブ情報から得られる経路データ を利用した道路の利用特性把握

未成 浩嗣<sup>1</sup>・田中 良寛<sup>1</sup>・橋本 浩良<sup>2</sup>・高宮 進<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: suenari-k924a@nilim.go.jp, tanaka-y92gf@nilim.go.jp

<sup>2</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: hashimoto-h22ab@nilim.go.jp

<sup>3</sup>正会員 国土交通省 近畿地方整備局 兵庫国道事務所 (〒650-0042 神戸市中央区波止場町3-11)

前 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

道路を賢く使う取組として、時々刻々と変化する交通状況に応じたダイナミックな交通運用施策を実現するには、実際の経路情報の把握が重要とされている。一方で、経路情報の観測は困難とされてきた。そのため、既往研究では地域や車種に限定して取得されたデータが活用されてきた。その中で、ETC2.0プローブ情報は、全国的かつ幅広い車種や用途の車両に関する経路情報の把握が可能であることから、今後の道路交通施策に有効なデータとして期待されている。

本研究では、ETC2.0プローブ情報から得られる経路データを利用し、特定起終点間における実際の道路の利用状況の把握を試みた。また、ETC2.0プローブ情報の経路データは、現状ではサンプルの情報であることを考慮し、リンクコスト差し替え最短経路探索を用いてより現実的な経路の抽出を試みた。

**Key Words :** ETC2.0 probe data, route choice, ITS, traffic demand, characteristics of traffic

## 1. はじめに

道路を賢く使うためには、ドライバーへの情報提供や料金施策、交通制御などによる、日々の交通状況に応じたダイナミックな交通運用の実現が期待されている。これらの施策を実施する上では、起終点や経路情報の把握が重要であるとされている。その中で、経路情報の観測は困難とされてきた。そのため、より現実的な経路選択行動を再現するため、経路選択モデル (SP調査、交通量配分、シミュレーション) などを用いた経路の推定が行われてきた。

既往研究では、経路選択モデルの高度化のため、実験的に取得した実際の自動車の経路情報が活用されてきた。羽藤ら<sup>1)</sup>は首都高速道路においてアンケート調査とナンバープレートマッチング調査を行い、複数の交通情報ソース下におけるドライバーの情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデルを提案している。三輪ら<sup>2)</sup>は、名古屋都市圏におけるタクシープローブデータを利用して、ドライバーの実際の経路選択行動をもとにした動的な経

路選択モデルを提案している。このように、経路選択モデルの高度化においても、実際の経路選択行動の把握が重要視されてきた。一方で、分析に必要なデータの収集等に手間がかかることが課題とされている。また、実験的に取得するプローブデータの場合、地域や特定の車両 (タクシー等) に限定したサンプルのデータに過ぎない。特に、車種や用途が限定されることで、一般的な交通行動の特性との乖離が生じることが懸念される。

近年では、ICT技術の進展により、道路交通に関するビッグデータの効率的な収集が可能となってきた。その中でも、ETC2.0プローブ情報は、日々の経路情報の把握が可能であり、今後の道路交通施策の高度化や効率化への活用が期待されている。さらに、現状では、その普及率は十分とはいえないところが課題ではあるものの、全国的にデータを収集できる上、対応車載器を搭載した車両のデータを車種や用途に関わらず収集することができる。このことから、既往研究におけるデータ収集上の課題の解消に寄与すると考えられる。

本研究では、ETC2.0プローブ情報から得られる実際の

経路データを用いて、特定起終点間における道路の利用特性の把握を試みた。ただし、現状ではETC2.0プローブ情報はサンプルの情報に過ぎない。そこで、把握した道路の利用特性を活用しつつ、交通量推計ネットワークを用いた「リンクコスト差し替えの最短経路探索」により、特定起終点間における現実的な複数経路の抽出を試みた。

## 2. ETC2.0プローブ情報について

ETC2.0プローブ情報とは、市販のETC2.0対応車載器を搭載した車両が高速道路や直轄国道上の路側器を通過することで収集されるプローブデータであり、走行する車両の位置情報、時刻、加速度等の情報が含まれる。本研究では、平成27年4月18日～6月30日に取得されたETC2.0プローブ情報の走行履歴データを使用した。

走行履歴データは、車両の緯度・経度、時刻等のデータであり、走行距離、進行方向の変化、急加減速などのタイミングで蓄積される。

## 3. 経路データの分析

### (1) 経路データの抽出

走行履歴データから、分析対象とする起終点間の経路データを抽出した。具体的には、分析対象とする区間の両端のリンクを起終点として設定し、これらを通る経路データを抽出した。起終点のペアはネットワークの状況の違いを考慮して、2ケース（ケースA、B）を選定した。各ケースの詳細を以下に述べる。

ケースAの杏町交差点（国道24号）～天理東IC東側（名阪国道）は、国道24号、西名阪自動車道、名阪国道といった高速道路を含む主要な幹線道路で結ばれている。競合する一般道路の密度が低いいため、経路の選択肢が少ないことが想定される。

ケースBの東山五条交差点（国道1号）～京都南IC西側（名神高速）は、基盤の目と呼ばれる密度の高い道路網が形成されており、均質で規則的な状況が想定される。

### (2) データの取得件数

分析対象期間とした平成27年4月18日～6月30日（44日間）のデータから得られたトリップのサンプル数を表-1に示す。両ケース・両方向の合計は、全374トリップである。そのうち、大型車は17トリップと少ない。ケース別に見ると、ケースAは北行で124トリップ、南行で99トリップである。ケースBは、北行で49トリップ、南行で102トリップである。

なお、抽出した経路データの本来のトリップにおける出発地と目的地は、分析対象として設定した起終点と一致しているとは限らない。本来のトリップはそれぞれ起終点が異なり、短距離～長距離と様々なトリップ長を持っている。そこで、抽出した経路データの本来のトリップの特徴を概観するため、トリップ長分布を整理した（表-2）。ケースAでは西名阪自動車道や名阪国道、ケースBでは名神高速道路を通過し得るため、100km以上の長トリップの割合は高く、全体の約3割程度である。

表-1 車種別トリップ数

ケース	起終点	方向	小型	大型	車種計
A	杏町交差点(国道24号)～天理東IC東側(名阪国道)	北行	117	7	124
		南行	97	2	99
		両方向	214	9	223
B	東山五条交差点(国道1号)～京都南IC西側(名神高速)	北行	49	0	49
		南行	94	8	102
		両方向	143	8	151
合計		北行	166	7	173
		南行	191	10	201
		両方向	357	17	374

表-2 トリップ長別トリップ数

ケース	起終点	方向	100km未満	100km以上	計
A	杏町交差点(国道24号)～天理東IC東側(名阪国道)	北行	86	38	124
		南行	56	43	99
		両方向	142	81	223
B	東山五条交差点(国道1号)～京都南IC西側(名神高速)	北行	33	16	49
		南行	83	19	102
		両方向	116	35	151
合計		北行	119	54	173
		南行	139	62	201
		両方向	258	116	374

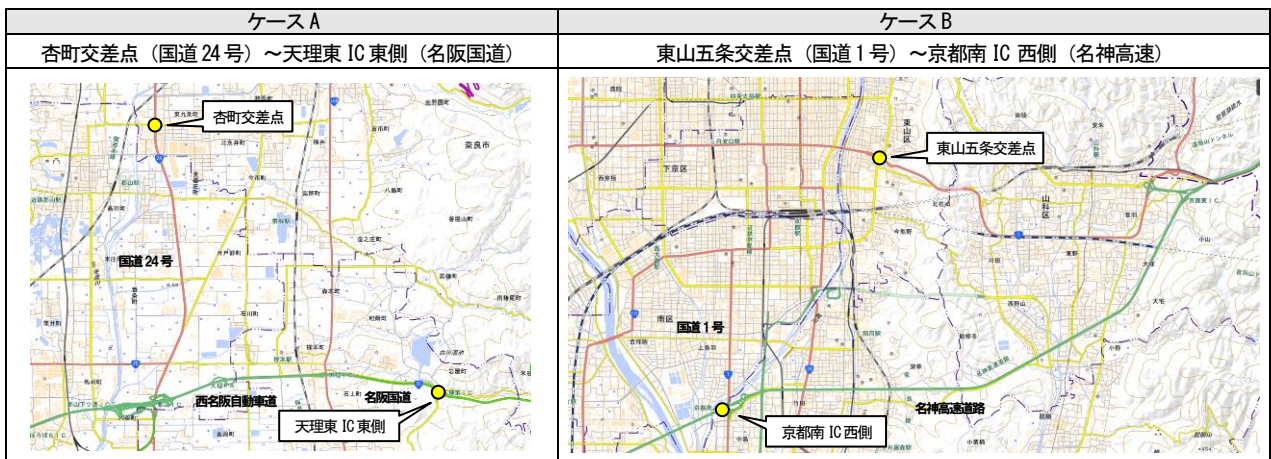


図-1 分析ケース（起終点）

(3) 旅行時間最短経路・経路分担状況の整理

ケースA, Bについて, 起終点間の旅行時間最短経路とその他の経路の分担状況を確認した. 各ケースの北行を例に, 経路の分担状況(図-2)と, 各経路に該当するトリップ数・トリップ長(図-3)を整理した.

ケースAの経路は, 全25パターンである. そのうち, 周辺道路網の中でも主要な幹線道路である名阪国道~西名阪自動車道~国道24号を経由する経路の旅行時間が最短となった. 抽出した全124トリップのうち, 最も多い33トリップ(26.6%)がこの経路を利用している. 一方, 天理ICの交差点でその他の一般道路へ分岐した後, 国道24号に合流する経路が多く確認できる. これは, 有料の

高速道路である西名阪自動車道(天理IC~郡山IC間)を避けて一般道路を利用したものと考えられる.

ケースBの経路は, 全26パターンである. そのうち, 国道1号~九条通~東大和通を経由する経路の旅行時間が最短となった. 全49トリップのうち, 最も多い12トリップ(24.5%)がこの経路に該当している. 旅行時間最短経路をはじめとする多くの経路が京都市内を通過しているのに対し, 有料の高速道路である名神高速道路を利用して, 市内を大きく迂回する経路を走行するトリップが4トリップ存在している. この経路のトリップ長は16.9kmであり, 旅行時間最短経路(6.93km)の約2.4倍に相当する.

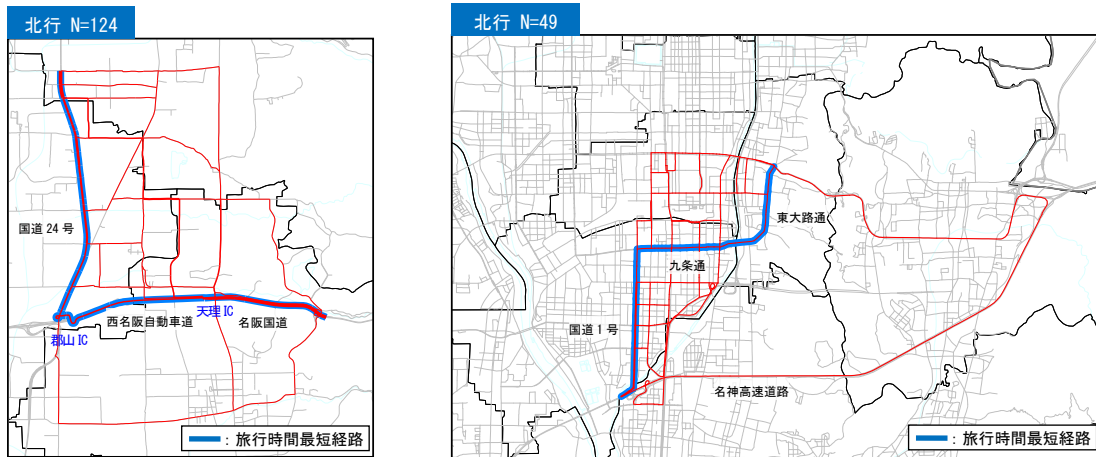


図-2 経路分布図(左: ケースA, 右: ケースB)



図-3 経路別トリップ長・トリップ数(左: ケースA, 右: ケースB)

(4) 経路データの特性把握

前項で抽出した経路について、旅行時間最短経路に対する距離比(図-4)、旅行時間比(図-5)、経路重複率(図-6)の分布状況をケース別に確認した。

また、それぞれの分布状況の比較結果から想定されるケース別の道路の利用特性について言及する。

a) 距離比

ケースAの旅行時間最短経路の距離は10.8km、ケースBでは6.9kmである。

ケースAでは、高速道路を利用したトリップの9割以上が旅行時間最短経路と同じ経路を利用している。一方、高速道路を利用しない経路の場合でも、距離は旅行時間最短経路と同程度である。特に、距離比が0.85~0.95の経路を選択したトリップの割合が約8割程度と高い。

ケースBでは、高速道路を利用しない経路のうち旅行時間最短経路と異なる経路を選択したトリップは、距離比1.15倍以内に分布している。一方、高速道路を利用したトリップの7割以上は、旅行時間最短経路の2倍以上の距離を走行している。

ケースに関わらず、特定起終点間で選択される経路は、距離比でみると概ね同程度であり、最短距離に対しておよそ1割前後の範囲が許容されていることを確認した。

距離比が著しく大きい経路は、高速道路を利用した長距離トリップであり、本来の目的地に近いICまで高速道路を利用したうちの一部が抽出されたものと考えられる。

b) 旅行時間比

ケースAの旅行時間最短経路の旅行時間は11.2分、ケースBで14.6分である。速度に換算するとそれぞれ

57.8km/h、28.5km/hである。

ケースAでは、高速道路を利用しない経路を選択した場合のトリップは、旅行時間比1.60前後を頂点として3.00程度まで広く分布している。一方、高速道路を利用する経路の場合、1.20を頂点として1.00~1.40の範囲に集中している。

ケースBでは、高速道路を利用しない経路を選択した場合のトリップは、旅行時間比1.20を頂点として1.00~1.50の範囲に集中している。高速道路を利用する経路を選択したトリップは、5サンプルと少ないものの、1.30前後、2.00前後、3.90以上の3パターンに分けられる。

選択された経路の距離は、旅行時間最短経路と概ね同程度であったのに対し、旅行時間はケースや道路種別によって分布に違いが確認できる。

経路の選択肢が少ないケースAでは、柔軟な経路選択にも限界がある。そのため、その時々交通状況の影響が旅行時間のばらつきとして表れていると考えられる。一方、高速道路を利用する経路では、ばらつきが小さく、定時性がある程度確保されていることが確認できる。

碁盤目状で規則性が高く、経路の選択肢が多いケースBでは、交通状況に応じた柔軟な経路選択がされやすいため、旅行時間のばらつきが比較的小さいと考えられる。

c) 経路重複率

両ケースともに、旅行時間最短経路と同じ経路(経路重複率=1.0)のトリップは全体の約25%を占める。

ケースAでは、高速道路を利用しない経路は、経路重複率が0.50前後、0.20前後の2つの範囲に集中している。一方、高速道路を利用する経路のほとんどが旅行時間最

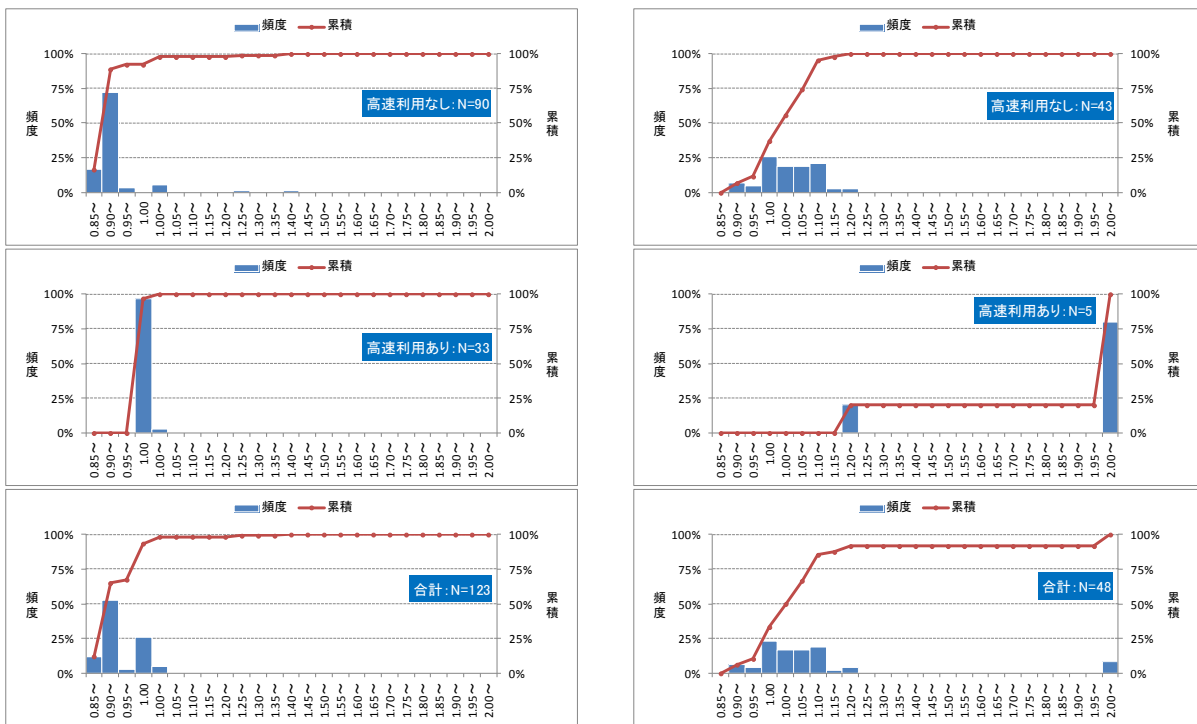


図-4 距離比の分布 (左: ケース A 北行, 右: ケース B 北行)

短経路と同じ経路である。

ケースBでは、高速道路を利用しない経路は、経路重複率が0.15~0.70に広く分布している。一方、高速利用ありのトリップは、すべて経路重複率0.00である。

高速道路を利用しない経路では、ケースによって分布状況に違いが表れている。経路の選択肢が少ないケースAでは、主要な幹線道路からの抜け道やその路線への分

岐点が限定されるため、経路重複率に偏りが生じている。一方、経路の選択肢が多いケースBでは、経路重複率が分散している。また、高速道路を利用する経路では本線への出入りが制限されるため、経路の選択肢が限定される。そのため、検討対象とした起終点間のように10km前後と短い区間では、同じ経路が選択されやすいことが考えられる。

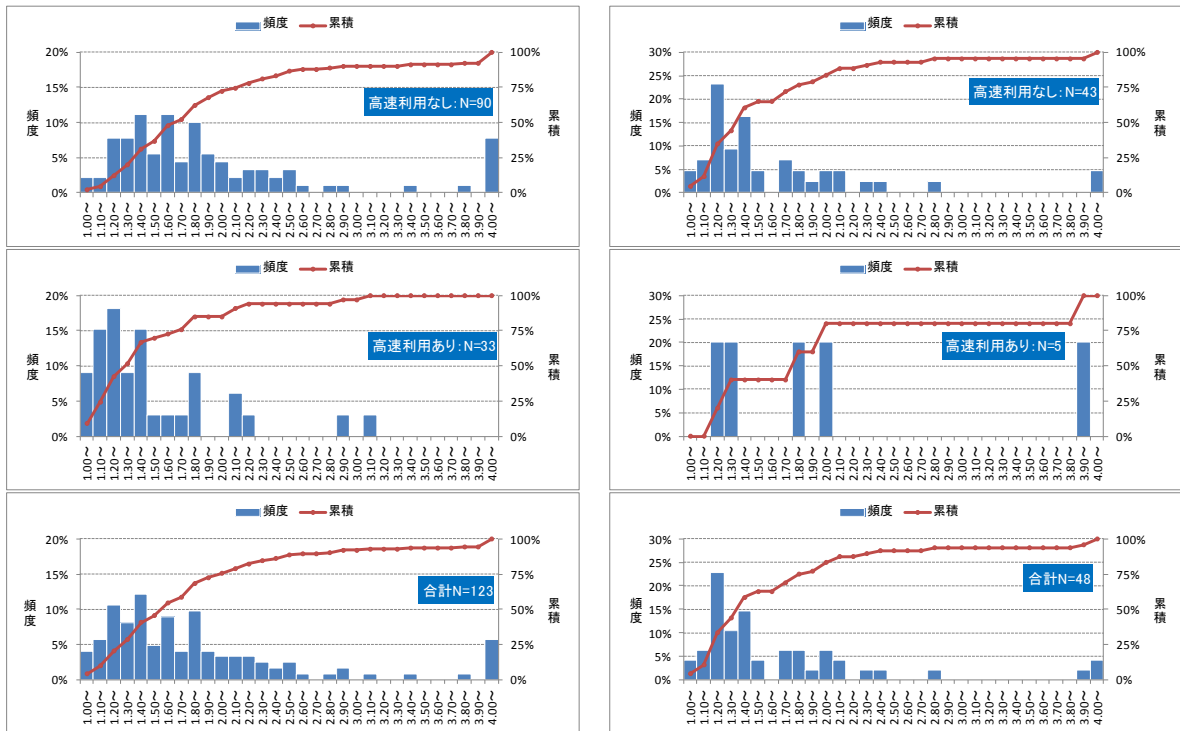


図5 旅行時間比の分布 (左: ケースA北行, 右: ケースB北行)

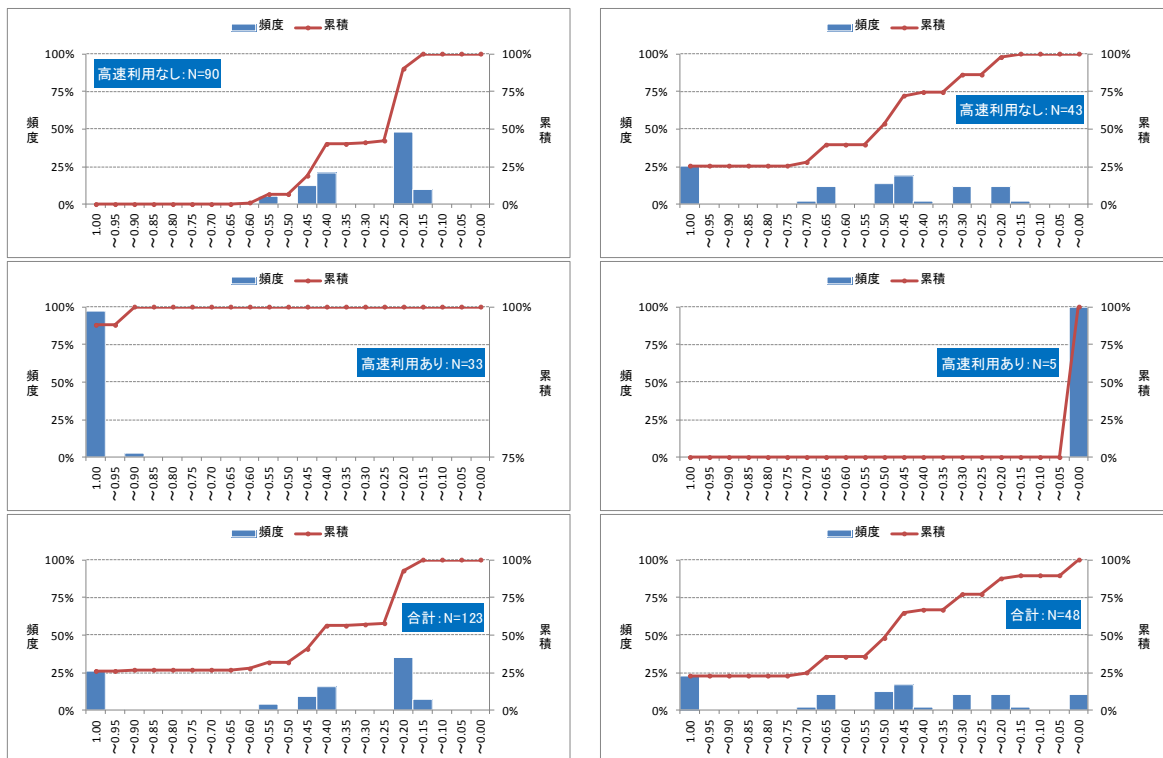


図6 経路重複率の分布 (左: ケースA北行, 右: ケースB北行)

#### 4. 特定拠点間の利用経路の抽出

##### (1) リンクコスト差し替え最短経路探索

リンクコスト差し替え最短経路探索は、最短経路探索で確定した経路のリンクコストをあるルールで大きな値に差し換え、再度最短経路探索を行う工程を繰り返し、拠点間を結ぶ複数の経路を生成するものである。この手法は、アルゴリズムが比較的単純であり計算コストが小さいながらも、多様な経路が生成できる長所がある。

##### (2) 分析条件

###### a) OD

ある条件下でのシミュレーション結果である交通量推計結果と、実際の経路選択行動を比較するため、3章で抽出した ETC2.0 プローブ情報の経路データと同じ OD を分析対象とした。

###### b) リンクコスト

リンクコストは交通量推計結果のリンク旅行時間を利用した。リンクコストの差し替えは、選択された経路のリンク旅行時間を 1.2 倍、2.0 倍にする方法とした。

##### (3) 距離比・経路重複率の閾値設定

前項の分析結果を踏まえて、経路の妥当性を判定するための閾値を以下のように設定した。

###### a) 距離比

旅行時間最短経路のトリップ長に対して1.5倍以内の経路は妥当とする。ただし、OD間経路で高速道路を利用可能かつ一般道路が混雑している地域であれば、高速道路を利用して大きく迂回する経路も妥当と考えられる。そのため、最短経路が一般道利用、OD間に利用可能な高速道路が存在、一般道路が混雑している状況に限り距離比が2.5~3.0倍程度までの経路も妥当と見なす。

###### b) 旅行時間比

旅行時間最短経路との経路重複率が0.8以上の経路は旅行時間最短経路と同一経路であると見なし除外する。

##### (4) 経路探索結果

リンクコスト差し替え最短経路探索は前述の条件に基づき、繰り返し10回実施した。算定した10通りの経路は、それぞれ最短経路に対する距離比、経路重複率を算定し、前述の閾値に当てはめることで、妥当と考えられるものを抽出した。算定した結果を表-4.5に、そのうち、閾値から妥当と判断したものを図-7に示す。

いずれのケースでも複数の経路の抽出ができています。そのうち、加算するリンクコストが2.0倍の場合、繰り返し回数が少ない段階から、経路重複率が小さく距離比が大きい経路が抽出されている。つまり、類似する経路は発生しにくく、大きく迂回した経路が発生しやすい。

一方、1.2倍のケースでは、最短経路に類似した経路も抽出できている。規則的なネットワーク状況であるケースBでは、経路重複率が高い経路が多いものの、10件中8件と多くのパターンの経路が現れている。また、前項に示した実際の経路データでは、経路重複率が高い(0.4~0.7)経路のパターンも確認されている。これらの結果を踏まえて、リンクコストの付加率は1.2倍の方が望ましいと考えられる。

表-3 距離比・経路重複率の閾値

項目	閾値
距離比	1.5倍以内の経路は妥当 ただし、以下の状況に限り2.5~3.0倍程度までの経路も妥当 ※最短経路が一般道路利用、OD間に利用可能な高速道路が存在、一般道路が混雑
経路重複率	0.8以上の経路は除外

表-4 リンクコスト差し替え最短経路探索の結果 (ケースA)

回数	コスト付加率1.2倍				コスト付加率2.0倍			
	距離 [km]	旅行時間 [分]	重複率 [%]	距離比	距離 [km]	旅行時間 [分]	重複率 [%]	距離比
最短経路 (1回目)	10.25	11.11	-	-	10.25	11.11	-	-
2回目	10.25	11.11	100.0%	1.000	9.77	11.35	87.8%	0.953
3回目	9.77	11.35	87.8%	0.953	11.22	24.49	0.0%	1.095
4回目	10.25	11.11	100.0%	1.000	11.18	32.34	0.0%	1.091
5回目	10.26	14.30	66.7%	1.001	14.33	32.22	0.0%	1.398
6回目	10.80	23.43	3.5%	1.054	14.46	16.40	82.0%	1.411
7回目	10.73	12.59	93.8%	1.047	10.79	25.85	14.0%	1.053
8回目	13.98	16.64	69.9%	1.364	14.55	47.11	0.0%	1.420
9回目	10.59	25.13	0.0%	1.033	16.62	38.93	2.0%	1.621
10回目	14.27	32.11	0.0%	1.392	14.58	35.51	14.3%	1.422

※灰色網掛けは不採用経路

表-5 リンクコスト差し替え最短経路探索の結果 (ケースB)

回数	コスト付加率1.2倍				コスト付加率2.0倍			
	距離 [km]	旅行時間 [分]	重複率 [%]	距離比	距離 [km]	旅行時間 [分]	重複率 [%]	距離比
最短経路 (1回目)	8.81	17.40	-	-	8.81	17.40	-	-
2回目	8.28	17.55	67.1%	0.940	7.62	22.96	11.8%	0.865
3回目	8.34	18.27	57.1%	0.947	8.62	23.53	22.0%	0.978
4回目	8.72	23.38	20.1%	0.990	17.26	33.72	0.0%	1.959
5回目	8.71	17.83	82.5%	0.989	8.34	18.27	57.1%	0.947
6回目	7.83	23.14	13.7%	0.889	28.50	39.59	11.7%	3.235
7回目	8.48	23.88	20.1%	0.963	18.51	43.83	0.0%	2.101
8回目	8.28	17.55	67.1%	0.940	8.27	24.98	11.8%	0.939
9回目	17.26	33.72	0.0%	1.959	28.03	61.08	0.0%	3.182
10回目	8.67	24.43	20.1%	0.984	17.49	37.44	0.0%	1.985

※灰色網掛けは不採用経路

##### (5) 実際の経路との比較

それぞれのケースについて、リンクコスト差し替え最短経路探索を適用して得られた経路と、ETC2.0プローブ情報から整理した実際の経路を比較した。

比較的単純なネットワークのケースAでは、探索経路と実際の経路で同一の経路が旅行時間最短経路となっている。その他の経路も概ね似通っている。

碁盤目状で規則的なネットワークであるケースBでは、実際の経路と異なる経路探索結果が多く見受けられる。一方で、経路として選択された区間の範囲は概ね一致している。さらに、実際の経路データでは、名神高速道路を利用して大きく迂回した経路が取得されている。これは、経路探索でも抽出されているものの、最短経路との距離比が1.5以上であるため不採用経路となっている。京都市内の一般道路の混雑を迂回するため高速道路を利用する経路として採用しても良いと考えられる。全体的には、実際の経路と探索経路では多少の違いが見受けられるものの、経路として選定される区間や迂回経路の傾向は概ね一致していると考えられる。

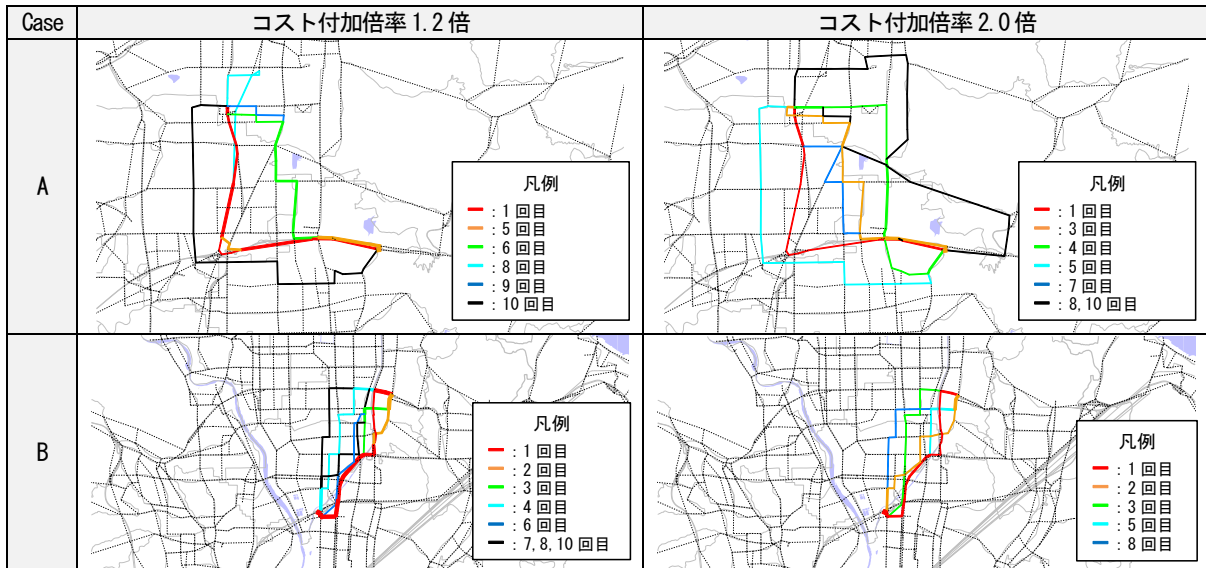


図-7 リンクコスト差し替え最短経路探索結果 経路図

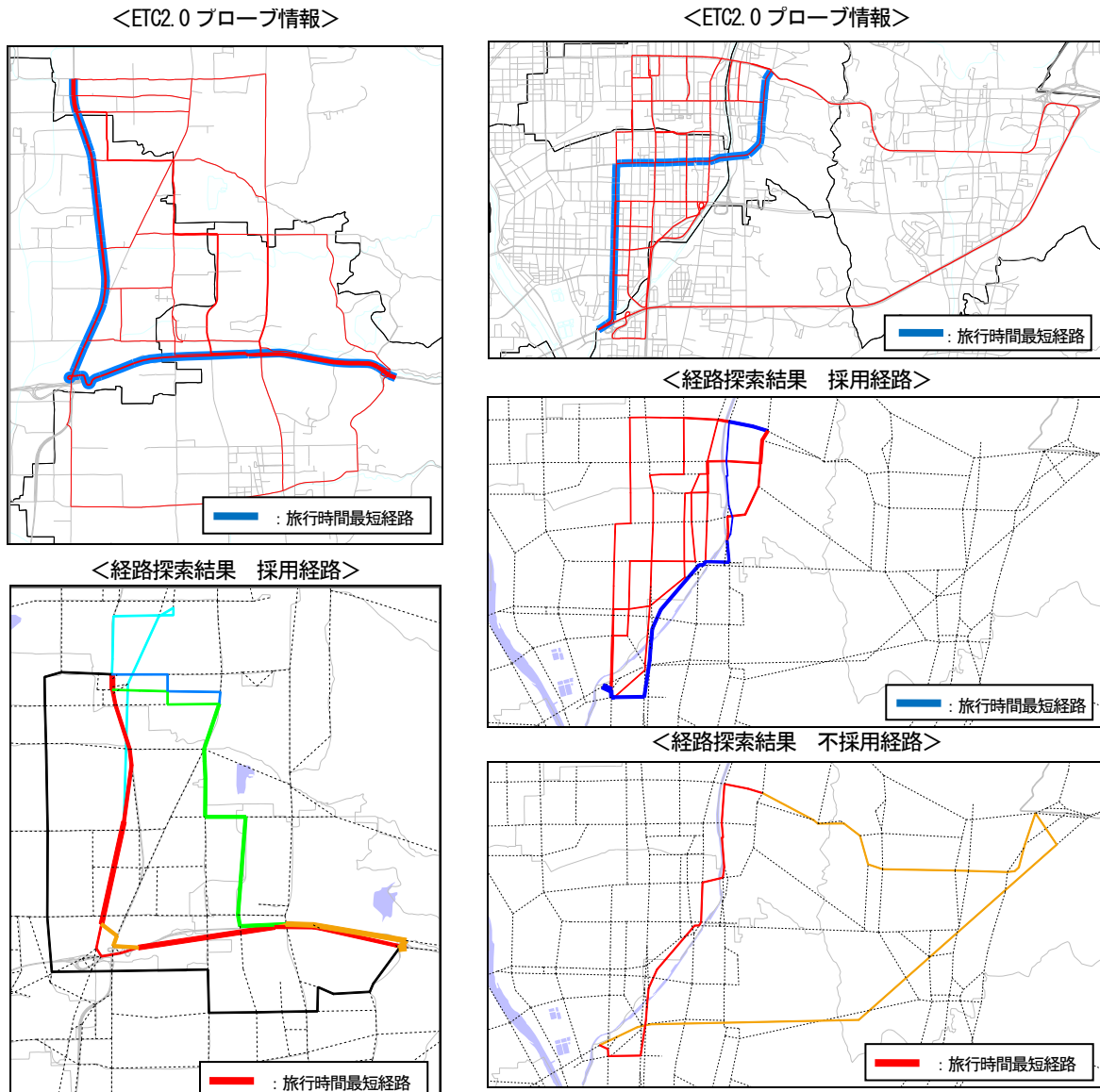


図-8 実際の経路と探索経路の比較(ケース A)

図-9 実際の経路と探索経路の比較(ケース B)

## 5. 今後の展望について

本検討において使用した経路データは、対象とした44日間で得られた374サンプルである。現時点では、あくまでサンプルデータに過ぎず、実際の交通状況における経路選択行動の全てを把握できるものとは言い難い。分析においても、曜日や時間帯が異なるデータを同じ次元で評価しているほか、車種構成も現実と乖離したものである。また、設定した起終点は実際の交通行動における起終点とは異なるため、本来のトリップ長の違いによっても結果は異なることが考えられる。

リンクコスト差し替え最短経路探索では、今後さらにケーススタディを重ね、差し替えるリンクコストや、経路の妥当性を判定するための閾値の設定精度を向上することで、より現実的な経路の抽出が可能になることが期待できる。

今後、ETC2.0の更なる普及により、多様な時間帯や場面のサンプルが多量に収集されることで、実際の交通行動をより精緻に把握できる環境の構築が期待される。

## 6. まとめ

### (1) 経路データによる道路の利用特性の把握

本研究では、ネットワーク状況の異なる複数の特定起終点間について、ETC2.0プローブ情報から得られる経路データを用いた道路の利用特性の把握を試みた。

ETC2.0プローブ情報から得られた経路データは、サンプルデータではあるものの、旅行時間最短経路が選択されたデータの割合が最も高いことを確認した。その他の経路も旅行時間最短経路と走行距離が同程度であり、概ね一般的な経路選択行動を代表し得ることを確認した。一方、本来の起終点間のトリップ長に依存する部分があることに留意が必要である。特に、長距離トリップでは、

本来の目的地周辺のICまで高速道路を利用する経路の一部が抽出される可能性がある。

特定起終点間における経路データから把握したネットワーク状況に応じた道路の利用特性を以下に示す。

- ①起終点間の走行距離は、旅行時間最短経路と同程度（概ね±10%以内）である。
- ②起終点間の経路の選択肢が多い場合、少ない場合に比べて選択される経路の走行距離にばらつきが生じる。
- ③起終点間の経路の選択肢が少ない場合、多い場合に比べて旅行時間にばらつきが生じる。
- ④起終点間の経路の選択肢が多い場合、少ない場合に比べて旅行時間最短経路との経路重複率にばらつきが生じる。

### (2) 特定拠点間の利用経路の抽出

本研究では、特定起終点間における現実的な複数経路を抽出する手法としてリンクコスト差し替え最短経路探索を試行した。現実的な経路を抽出するためには、差し替えるリンクコストは、2.0倍よりも1.2倍の方が極端な迂回が発生しにくいため望ましいことが確認された。また、ETC2.0プローブ情報から得られる経路データから把握した道路の利用特性を踏まえ、旅行時間最短経路に対する距離比、経路重複率の閾値を設定することで、より現実的な経路を抽出できることを確認した。

### 参考文献

- 1) 羽藤英二, 谷口正明, 杉恵頼寧, 桑原雅夫, 森田紳之: 土木学会論文集 No.597/IV-40, 99-111, 1998.7.
- 2) 三輪富生, 森川高行: 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.2, 2004.

(2016.?? 受付)

## Study of Traffic Demand Characteristics Using the Route Data Based on ETC2.0 Probe Data

Koji SUENARI, Yoshihiro TANAKA, Hiroyoshi HASHIMOTO and Susumu TAKAMIYA