

旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析*

Experimental Analysis of Route Choice Behavior of Driver with Travel Time Information

久保 篤史**・飯田 恭敬***・宇野 伸宏****

by Atsushi KUBO、 Yasunori IIDA and Nobuhiro UNO

1. はじめに

近年、情報通信技術の高度化により、VICS などに代表される高度交通情報システムが注目を浴びている。路車間・車車間でのリアルタイム情報の伝達により、より安全で快適で効率的な道路交通の実現を目指したシステムである。その主な役割の一つが動的交通情報の提供による交通の分散・誘導である。また、情報の提供によりドライバーに精神的余裕を与えるなどの効用も考えられる。しかしながら、旅行時間情報に代表される動的交通情報をリアルタイムに多くのドライバーに提供することに不安な面も存在する。それは、情報にドライバーが過剰に反応し、車が一部の道路に集中する結果、情報提供が悪影響を及ぼす事態が起こる可能性があるという例に代表される。このような事態を避け、効果的な情報システムを確立するため、情報を受けたドライバーの経路選択行動の把握が急がれている。著者らは情報提供下でのドライバーの経路選択機構を明らかにするため屋内実験アプローチを用いた研究を行ってきた。本研究ではその一環として、旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動を対象に分析を行う。特に、出発地での意思決定を受けた形でのトリップ途中の経路選択機構について分析を試みる。

2. 経路選択行動と旅行時間予測

一般にドライバーの経路選択を支配する要因としては、時間的要因、費用、心理的要因が挙げられる。

*キーワード：経路選択、交通行動分析、SP、交通情報

** 学生員 京都大学大学院工学研究科

*** 正員 工博 京都大学大学院工学研究科

**** 正員 工修 京都大学大学院工学研究科

(〒606-01 京都市左京区吉田本町 075-753-5126)

その各要因の影響力は走行目的によって変化すると考えられる。そこで、本研究では時間的要因が大きなウェイトを占めると考えられる通勤・業務目的の走行を対象として経路選択行動分析を行った。そのため「ドライバーは各自の走行経験と提供される交通情報に基づきトリップ時の旅行時間を予測し、その予測結果に基づいて経路を選択する。」という行動原則を仮定し、以下の論を進めていくことにする。

3. データの収集

ドライバーの経路選択データを収集するため、パソコンを用いた屋内実験を行った。図1に示す仮想ネットワークを被験者(走行目的は朝の通勤と仮定)が毎日(63日)走行するという設定である。対象ネットワークのリンク1とリンク2は同一路線の一部であり、連続性の高いリンクとし、リンク3はこれとは別の路線の一部と仮定している。つまり、交通量に関してリンク1とリンク2は正の相関を持ち、リンク1とリンク3は無相関に近づくようにした(図2)。収集されるデータは出発地点でのリンク1、2、3の予測旅行時間および予定リンク、途中ノードでのリンク2、3の予測旅行時間および選択リンクである。次章以降ではこうして得られたデータから途中ノードでの旅行時間予測機構の分析を行う。なお、情報の精度の違いが経路選択行動に及ぼす影響分析するため、4ケースの実験を設定した(表1)。旅

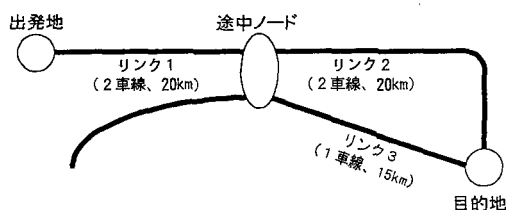


図1 対象ネットワーク

行時間情報は、図 2 に示した実旅行時間を平均とする正規乱数として与えられ、その精度は標準偏差で規定される。

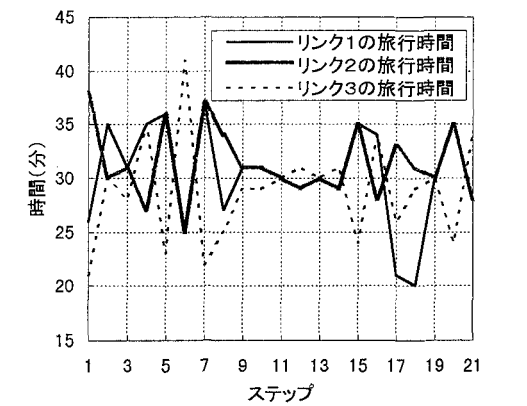


図2 各リンクの旅行時間
(21ステップを1期間としている)

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
期間Ⅰ	情報なし	情報なし	情報なし	情報なし
期間Ⅱ	情報なし	高精度情報	低精度情報	低精度情報
期間Ⅲ	情報なし	高精度情報	低精度情報	高精度情報

(各期間とも繰り返し回数は21回)

4. 収集データの集計分析

まず、収集データに対して集計分析を行うことにより、被験者の経路選択行動の特徴を捉えてみる。図 3 はリンク 1 の実旅行時間とリンク 2 の選択率を示したものである。情報提供が行われないケース 1 では、出発地から途中ノードに至るリンク 1 の旅行時間とリンク 2 の選択率の間に明確な関係が見出すことができる。情報提供がない場合には、リンク 1 の走行結果が途中ノードでの経路選択に影響を及ぼしていると考えられる。一方、情報提供が行われるケースでは、リンク 1 の走行結果と途中ノードでの経路選択の間に明確な関係があるとはいえず、他の要因（おそらくは旅行時間情報）の影響を受けて経路を選択している考えられる。そこで、情報旅行時間が途中ノードでの経路選択行動に及ぼす影響を把握するためリンク 2 とリンク 3 の情報旅行時間の差とリンク 2 の選択率を調べた（図 4）。この図より

2つのことがいえる。1つ目は高精度情報提供時の方が情報のリンク差に対する被験者の反応が鋭いということである。つまり、被験者は精度の違いを認識している可能性が高い。この点に関しては実験終了後のアンケートにより把握した被験者の提供情報に対する主観的評価からも確認できる。2つ目は情報のリンク差がない場合リンク 2 の選択率が 0.5 以上であるという点である。リンク 2 はリンク 1 と正の相関があり、かつリンク 3 に比べ車線数が多くそのため旅行時間が安定しており、被験者がリンク 2 を好む傾向があるためと考えられる。

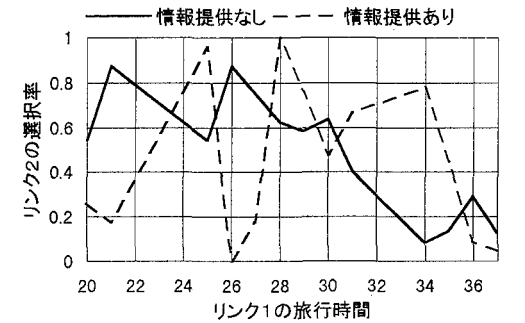


図 3 リンク1の旅行時間とリンク2の選択率

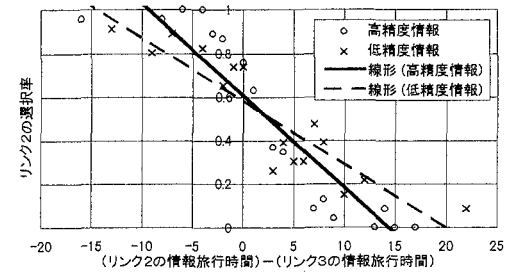


図 4 情報のリンク差とリンク2の選択率

5. 旅行時間予測モデルの推定

(1) モデルの構造

ここでは、トリップ途中である途中ノードでの旅行時間予測のモデル化を試みる。前章での被験者の経路選択に関する集計分析より、旅行時間予測への影響要因として、リンク 1 の実旅行時間、途中ノードでの旅行時間情報などが挙げられる。その他に出発地での予測旅行時間、各リンクの最大経験旅行時

間を取り上げ、次に示すような旅行時間予測モデルを仮定した。

$$\hat{t}_2^{n+1} = \alpha + \beta \cdot t_1^{n+1} + \lambda \cdot \hat{t}_2^{n+1} + \theta \cdot I_2^{n+1} + \zeta \cdot t_2^{\max} + \varepsilon \quad \dots(1)$$

$\hat{t}_2^{n+1}$: n+1 ステップのリンク 2 の予測旅行時間

t_1^{n+1} : n+1 ステップのリンク 1 の旅行時間

$\hat{t}_2^{n+1}$: 出発地でのリンク 2 の予測旅行時間

I_2^{n+1} : 途中ノードでのリンク 2 の情報旅行時間

$t_2^{\max}$: リンク 2 の最大経験旅行時間

$\alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot \theta \cdot \zeta$: 定数パラメータ

ε : 誤差項

この旅行時間予測モデルはリンク別のモデルとして定式化されている。前述の通り、リンク 1 とリンク 2 は交通状態が相関しているのに対して、リンク 1 とリンク 3 に関しては無相関に近い。このため、リンク 1 の実旅行時間が旅行時間予測に及ぼす影響はリンク 2 とリンク 3 で異なると考えられる。そこでリンク別の旅行時間予測モデルとしている。なお、本文中ではリンク 2 のモデルしか提示していない。

前章の結果により、情報の精度の違い、トリップの繰り返しにより、旅行時間予測機構に差異が生じ

る可能性があるので、各期間（21 ステップ）を 3 つのサブ期間（各 7 ステップ、1～9 で表す）に分割し、それぞれのサブ期間でモデルの推定を行った（表 2）。

(2) 情報の有無が及ぼす影響

ケース 1 では情報が提供されていないため(1)式によりケース 1 とケース 2、3、4 の旅行時間予測機構の比較をすることができない。そこでケース 2、3、4 に対して情報旅行時間の項を取って除いたモデルを推定した（表 3）。この結果から次のことが読み取れる。1 つ目は情報提供がない時のモデルの方がリンク 1 の実旅行時間のパラメータ β が大きいということ。2 つ目は定数項 α が情報提供があるときの方が大きいということ。この 2 点より情報提供の有無により旅行時間予測機構に違いがあると考えられる。特に、情報提供がない場合のリンク 1 の実旅行時間の影響力が大きいことは注目しておきたい。

(3) 情報の精度の違いに関する考察

ここでは、提供情報の精度の違いが、被験者の旅

表2 推定結果

ケース2		期間Ⅱ						期間Ⅲ					
サブ期間		4		5		6		7		8		9	
		係数	t	係数	t	係数	t	係数	t	係数	t	係数	t
α		1.359	0.319	0.601	0.100	4.315	1.148	4.372	1.297	4.735	0.936	7.246	2.418
β		0.079	1.782	0.062	0.514	0.019	0.581	0.053	1.478	-0.057	-0.558	-0.008	-0.298
λ		0.387	6.066	0.180	2.830	0.527	7.191	0.527	7.454	0.359	6.524	0.349	5.106
ζ		-0.012	-0.117	0.047	0.663	0.044	0.503	-0.148	-1.891	-0.091	-1.521	-0.033	-0.477
θ		0.512	8.407	0.711	7.820	0.285	2.949	0.441	6.480	0.667	8.382	0.482	5.472
重相関係数		0.841		0.616		0.803		0.908		0.754		0.841	
決定係数		0.707		0.380		0.644		0.825		0.568		0.708	
観測数		161		161		161		161		161		161	

ケース3		期間Ⅱ						期間Ⅲ					
サブ期間		4		5		6		7		8		9	
		係数	t	係数	t	係数	t	係数	t	係数	t	係数	t
α		-25.425	-2.444	6.470	0.583	3.567	0.304	-3.659	-0.308	8.716	0.386	34.153	1.246
β		0.069	0.995	0.080	0.437	0.253	3.664	0.057	0.874	0.403	2.227	0.162	2.310
λ		0.194	2.208	0.099	2.668	0.068	1.424	0.243	2.786	0.152	3.692	0.056	1.121
ζ		0.736	2.703	0.097	0.382	0.107	0.348	0.210	0.674	-0.299	-0.519	-0.670	-0.930
θ		0.719	15.137	0.505	10.875	0.445	7.240	0.592	12.661	0.537	11.828	0.496	7.941
重相関係数		0.788		0.710		0.783		0.729		0.754		0.767	
決定係数		0.621		0.504		0.612		0.531		0.568		0.588	
観測数		161		161		161		161		161		161	

ケース4		期間Ⅱ						期間Ⅲ					
サブ期間		4		5		6		7		8		9	
		係数	t	係数	t	係数	t	係数	t	係数	t	係数	t
α		-13.663	-1.300	6.697	0.649	5.034	0.496	-2.078	-0.270	8.470	1.308	-0.582	-0.089
β		-0.022	-0.279	-0.161	-0.762	0.089	1.118	0.139	2.670	-0.075	-0.664	0.036	1.057
λ		0.332	3.722	0.128	3.155	0.140	2.581	0.627	8.006	0.414	7.806	0.594	7.958
ζ		0.425	1.578	0.142	0.664	-0.019	-0.071	-0.032	-0.163	-0.006	-0.050	0.101	0.615
θ		0.676	11.645	0.661	12.713	0.637	8.948	0.328	4.707	0.398	4.788	0.286	3.205
重相関係数		0.731		0.765		0.782		0.817		0.695		0.788	
決定係数		0.534		0.585		0.612		0.667		0.483		0.621	
観測数		147		147		147		147		147		147	

表3 情報の項を除いたモデル

		ケース1		ケース2		ケース3		ケース4	
		係数	t	係数	t	係数	t	係数	t
期間Ⅰ	α	-19.313	-7.150	-23.560	-6.766	-19.705	-6.941	-13.157	-2.742
	β	0.769	21.659	0.722	17.232	0.766	24.412	0.837	21.455
	λ	0.549	15.495	0.636	16.034	0.623	15.311	0.609	15.906
	ϵ	0.289	4.367	0.371	4.479	0.229	3.484	0.013	0.104
期間Ⅱ	α	-13.250	-4.046	6.950	2.788	5.776	0.660	7.645	0.960
	β	0.673	26.720	0.033	1.228	0.377	8.217	0.342	6.353
	λ	0.481	15.887	0.664	21.234	0.129	3.473	0.190	4.586
	ϵ	0.261	3.068	0.077	1.321	0.275	1.202	0.211	1.029
期間Ⅲ	α	-10.802	-2.154	11.170	5.370	13.777	1.047	6.334	1.576
	β	0.563	19.484	-0.033	-1.441	0.350	7.867	0.061	2.274
	λ	0.412	11.355	0.737	28.343	0.146	3.752	0.745	22.234
	ϵ	0.334	2.515	-0.053	-1.075	0.058	0.167	-0.003	-0.029

行時間予測機構に及ぼす影響について把握する。まず、推定された旅行時間予測モデルの実験ケース間での同一性を Chow 検定を用いて確認する。Chow 検定では2つの異なるサンプルから推定される回帰モデルが同一であるという帰無仮説を立て、この仮説が棄却可能か否かを判定することでモデルの同一性を確認する。紙面の関係上 Chow 検定の詳細については文献 2)を参照のこと。

ここでは、リンク2のモデルの推定結果(表2)を用いて分析をする。Chow 検定の結果を表4に示す。この検定結果より次のことがいえる。ケース2(高精度情報)とケース3(低精度情報)の旅行時間予測モデルの同一性の仮説は、有意水準5%でほとんどの場合棄却されている。これは情報の精度によ

表4 Chow 検定結果

精度比較		リンク2	
		F	自由度
2-7	3-7	3.568	5 312
2-8	3-8	4.466	5 312
2-9	3-9	5.288	5 312
2-7	4-7	0.948	5 298
2-8	4-8	1.296	5 298
2-9	4-9	2.060	5 298
2-4	3-4	4.749	5 312
2-5	3-5	1.476	5 312
2-6	3-6	7.980	5 312
3-4	4-4	0.430	5 298
3-5	4-5	2.147	5 298
3-6	4-6	1.257	5 298
3-7	4-7	4.366	5 298
3-8	4-8	4.836	5 298
3-9	4-9	7.750	5 298

(2-7とはケース2のサブ期間7を意味する)

り被験者の旅行時間予測機構が異なる可能性が高いことを表すものである。ところで、パラメータ値に着目すると、高精度情報提供時の情報のパラメータ θ が低精度のそれより必ずしも大きいということはない。これは前章で見た結果と矛盾するように思わ

れる。ここで注目しておきたいのは出発時点での予測旅行時間に関するパラメータ λ である。ケース2とケース3の λ を比較すると高精度情報が提供されているケース2の方が大き

くなっている。この出発地での予測旅行時間についても提供情報の影響が含まれており、著者らのこれまでの研究より、精度が高いほど情報の影響は大きいと考えられる。以上の議論より、情報が旅行時間予測機構に及ぼす影響を把握するためには情報旅行時間のパラメータ θ と出発地での予測旅行時間のパラメータ λ をあわせて考慮することが望ましい。それゆえ、低精度情報提供時よりも高精度情報提供時の方が情報に対する依存度が高いと推測される。また、低精度情報提供時では情報に対する依存度が低くなる一方、リンク1の走行結果のパラメータ β が大きくなっていることにも注目しておきたい。

6. まとめ

本研究では、情報提供下における経路選択行動、特にトリップ途中の逐次経路選択に関して被験者の旅行時間予測モデルの推定を介して分析した。その結果、情報提供が行われることによってトリップ途中までの走行結果の影響が弱くなり、情報依存型の旅行時間予測機構になること、また情報の精度の違いによって情報に対する依存度に差が表れるという知見が得られた。

今後の課題としては、出発地での経路選択行動とトリップ途中での意志決定とを統合し逐次経路選択機構を解明することが挙げられる。

参考文献

- 1)久保篤史・飯田恭敬・宇野伸宏：情報の影響を考慮した逐次経路選択行動の実験分析、平成8年度関西支部年次学術講演、IV-32
- 2)竹内啓：11. 回帰分析と線形モデル p155～p157