

# 時間帯別利用者均衡配分モデルを用いた新潟都市圏の交通施策評価

都市交通研究室 小竹祐司

指導教員 佐野可寸志

西内 裕晶

## 1. はじめに

交通量配分のモデルについては、様々なモデルが用いられている。例えば、全 OD のトリップを配分率に応じて複数回分割し交通量配分を行う「分割配分法モデル」、交通量や料金コストを説明変数とし、交通特性を考慮した所要時間（リンクコスト）を被説明変数とした目的関数を繰り返し計算によりネットワーク全体の所要時間が最小となるように最適化する「利用者均衡配分モデル」、さらにその際の、利用者均衡配分モデルの中でも 1 日単位及び 1 時間単位の区分があり、後者においては、利用者均衡配分を 1 時間単位のトリップで行い、前時間帯の残留交通量を反映させ、配分モデルを作るといった仕組みなどもある。

また、日本の道路の歴史について、松井<sup>1)</sup>も述べているように、今日における日本の道路は戦前や終戦直後の状況に比べれば格段に良くなった。戦後日本を訪れたワトキンス調査団がその報告書「日本国政府建設省に対する名古屋・神戸高速道路調査報告書」(1956 年)の冒頭に書き記したように、当時は車が満足に走行できる道路は少なかった。しかし、今ではどの道路も舗装され質、量ともに飛躍的に向上した。

有料高速制度は、戦後、財政的な制約の大きい中で、皆無であった高速道路の整備を早期に実現するためには、大変有効な制度ではあったが、借入金に過度に依存する結果となり、また、潜在的な需要があるにもかかわらず、料金の割高感から、十分な利用がなされていない道路も少なくないのが現状である。高速道路は、同質の高速交通サービスを同一価格で提供することを基本とし、全国一律の料金となっており、その料金水準の算定は、基本的に、借入金の償還をベースとしており、地域や道路の実情に応じた価格要素は考慮されていない。市場のニーズに的確に対応するためには、交通混雑が激しい地域路線などは、時間帯などをみて価格に弾力性をもたせるべきであり、交通容量に余裕があれば料金割引、

逆に混雑していれば料金を高く設定するなど弾力的な料金設定が検討されるべきである。当然のことながら、国民負担をできるだけ抑えるという観点も重要であり、地域の実情にあった市場調査を的確に行い、経済的効果、環境効果、経営効果などを総合的に検討すべきである。

近年、国や地方の施策の進め方として、「社会実験」を行い、施策の有効性を調査する方法が活発化している。すなわち、法律や制度をほとんど変更することなく、一部の地域などでモデル的に新しい施策を実施し、その有効性や応用性を調査しようというものである。いわば、行政プロトタイプ製品による市場調査と言えよう。道路行政の分野でも、社会資本整備審議会の中間報告等にもあるように「多様で弾力的な料金施策の導入」等の提言や、国土交通省が既存のストックの有効活用という観点から「有料道路における料金に係わる社会実験」の制度を平成 15 年度より創設するなど有料道路の料金に係わる社会実験を行う機運は高まっていた。

新潟都市圏は、日本海に沿って細長く広がっており、そこには新潟市を中心とした通勤交通の流れがあるため、朝夕の通勤時には信濃川や阿賀野川などを渡河する橋梁部に交通が集中し慢性的な交通渋滞が発生している。交通特性の特徴として、朝夕ラッシュ時に、とりわけ時に新潟バイパスや新々バイパス、栗ノ木バイパスや亀田バイパス（本研究では総称して以降新潟バイパスと定義する。）などの主要幹線路線とそれに接続される路線を中心に混雑しており、バイパス路線との接続路線にて交通集中が今日においても発生している。これを解消するための試験的な施策として、2010 年 6 月 28 日から翌年 6 月 19 日まで日本海東北自動車道（日東道）にて高速道路無料化実験が行われており新潟市北部側にて渋滞解消の効果が得られている。

本研究の目的としては、次の 2 点が挙げられる。1 点目は、時間帯車種別利用者均衡配分を行い、新設道路等の建設において道路のサービスレベルを決定

する要因となる日交通量配分分析との比較をし、施策評価において時間帯別利用者均衡配分の有用性を示すこと。2点目は、高速道路等の料金割引施策を総所要時間と高速道路の料金収入の両面から定量的に評価すること。つまり料金割引の幅によって時間帯別の新潟都市圏における全ドライバーの所要時間を短縮するだけでなく、料金収入における社会的な効用等を考慮し、社会的に有益で最適な施策となっているか評価することである。

## 2. 新潟都市圏道路ネットワークデータの構築

対象地域は新潟都市圏とし、リンク数 3476、ノード数 2174、ゾーン数 60 (内域外ゾーン数 7)、の道路ネットワークとした。域外のゾーンは三条、新発田、五泉方面 3ヶ所それぞれの高速道路用と一般道路用ゾーンがあり計 6 ゾーン。それに加え、柏崎への最短ルートとして使用されている国道 116 号線側への域外ゾーンも考慮するため域外ゾーンは計 7 ゾーンとした。作成したネットワークを図 1 に示す。



図 1 作成した STRADA 道路ネットワーク

時間帯別 OD 表を作成するにあたって使用したデータは、国土交通省の平成 22 年度全国道路・街路交通情勢調査の「自動車起終点調査」である。対象エリアは新潟市を発着とするトリップに限定し、域内を新潟市内とし域外である新潟市外への流入は境界付近のゾーンに集約する。時間帯の設定は出発時間をベースとし、域外間との交通は域内ゾーン間の

所要時間を逆算した時間帯とした。使用ソフトは JICA STRADA の Ver.3.0 を使用した。

なお、交通量配分手法では、利用者均衡配分モデルに残留交通量の概念を加えた時間帯別利用者均衡配分モデルという手法が考案されており、この手法を応用し、時間帯別の箇所別交通量を利用することで、残留交通量の考え方を適用したモデルとした。

まず、上記モデルを適用した時間帯別 OD を用いて交通量配分分析を行い、道路交通センサスにおける観測交通量との比較を行うことで再現性の確認を行った。その際には、日単位の配分よりも時間単位での配分を考慮した方が再現性を高められることを確認する。

## 3. BPR 関数の推定

プローブカーデータを使用する際、集計ミス等の明らかな計測誤差データを取り除くため、時間帯別及び路線別にて母平均  $\mu$  及び標準偏差  $\sigma$  を求め、 $\mu \pm \sigma$  の範囲に限定してプローブデータを抽出した。抽出結果を表 1 に示す。

表 1 各路線  $\pm 1\sigma$  の範囲で抽出したプローブデータ数のまとめ

	範囲内	範囲外	総数	抽出率
高速道路	64,190	22,578	86,768	74.0%
新潟バイパス	78,857	26,246	105,103	75.0%
幹線多車線	55,451	28,770	84,221	65.8%
幹線2車線	86,260	40,318	126,578	68.1%
準幹線多車線	13,256	6,574	19,830	66.8%
準幹線2車線	53,618	24,519	78,137	68.6%

抽出したプローブカーデータ及び、道路交通センサスの箇所別基本表を用いてリンクコスト関数を推定した。推定モデル式は参考文献より下記の式(1)とし、重回帰分析によるパラメータ推定とした。説明変数は箇所別基本表より信号交差点、指定最高速度、時間交通容量 (センサス算定式より算出)、時間帯別交通量とし、被説明変数はプローブカーデータより所要時間を算出した。なお、 $\beta$  が指数であるため、重回帰分析の際には 0.1~9.0 の間を 0.1 刻みで変化させつつ回帰分析した。

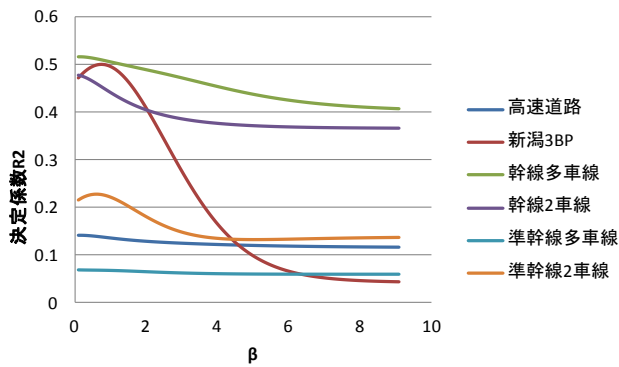


図2 βを変化させた時の決定係数

リンクコスト関数の推定結果を、表2に示す。表1の結果 $\alpha'$ のパラメータの値がほぼ0に近い結果となった。これは、 $\alpha$ に該当する混雑度の値が総じて少なく、交通量が多くても所要時間が増えるような回帰とならなかったためである。また、図2の決定係数を路線別に比較したところ、新潟バイパス、幹線多車線、幹線2車線、準幹線2車線など一般道のほとんどが決定係数が高速道路と比べ相対的に良い結果となった。一方、決定係数があまり良くなかった高速道路は、プローブカーデータの混雑区間データがほとんどないことも影響して、推定モデル式(1)にある時間帯別交通量の増加したのに対し所要時間が伸びないリンクコスト関数として推定されてしまった。そのため、相関係数が低い値となったと考えられる。

$$t_a(x_a) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X_1 + \alpha_2 \cdot X_2 + \alpha' \left( \frac{x_a}{c_a} \right)^\beta \quad (1)$$

$X_1$  : 信号交差点密度[交差点数/km]

$X_2$  : 指定最高速度[km/h]

$t(x)$  : 所要時間[分/km]

$c$  : 時間交通容量[pcu/h]

表2 BPR関数パラメータ推定結果

	高速道路	新潟3BP	幹線多車線	幹線2車線	準幹線多車線	準幹線2車線
定数項[分/km]: $\alpha_0$	0.676	0.747	1.122	0.737	1.426	1.662
信号交差点密度[箇所/km](平均): $X_1$			3.919	1.624	5.710	3.620
指定最高速度[km/時](平均): $X_2$	81.771	61.739	52.167	47.250	44.000	40.901
$\alpha_1$			0.017	0.079	0.016	0.024
$\alpha_2$	-0.001	0.000	-0.019	-0.006	-0.001	-0.003
$\alpha'$	0.094	0.286	1.748	1.021	0.363	0.475
決定係数最大時の $\beta$	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1	0.6
交通容量 $c$ (平均)	3719	5102	3325	1717	2911	1652
決定係数(最大値)	0.142	0.500	0.515	0.477	0.069	0.227
データ数	542	552	383	1018	120	433

$x$  : 時間帯別交通量[pcu/h]

$\alpha_0 \sim \alpha_2, \alpha', \beta$  : パラメータ※a:リンク名

$F_a$  : 料金抵抗,  $D_a$  : 遅れ時間

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left\{ 1 + \alpha \left( \frac{x_a}{c_a} \right)^\beta \right\} + F_a + D_a \quad (2)$$

また、交通量配分が時間帯別であるため、時間帯区切りの際、経路交通量が経路上に残る残留交通量が発生する。このため、時間帯別での交通量として区分した場合、残留交通量の取り扱い次第で精度に影響を及ぼすこととなる。そのため、残留交通量の影響について考える必要がある。残留交通量を考慮し、料金課金、遅れ時間を考慮したSTRADAで使用したリンクコスト関数を式(2)に示す。

#### 4. 時間帯別配分と日配分との現況比較

表3にパラメータ条件別に並べた日配分および時間帯配分の推定個通量と観測交通量との絶対推定誤差比較の結果及び各パラメータの誤差絶対量であるRMSEをそれぞれまとめて示す。コントロールトータル補正以前の誤差値の総量比較では、30,000[pcu/day]以上ある路線が多くアンケート集計による起終点調査で集計したODの総量が一致していない可能性が考えられる。そこで、阿賀野川断面と信濃川断面のスクリーンラインの総量比較を行った結果を図3、図4にそれぞれ、断面の観測と推定の比較を上り下り別に示し、表4にその総量の割合を示した。

表3 観測交通量とパラメータ条件別の日配分及び時間帯配分の推定交通量との誤差分析

	誤差比較箇所数(N=40)			誤差数量比較	
	日配分の誤差が大きい箇所数	時間帯配分の誤差が大きい箇所数	日配分の誤差が大きい比率	日配分の配分交通量 RMSE[pcu/day]	時間帯配分の配分交通量 RMSE[pcu/day]
松井パラメータ	29	11	72.5%	23,200	9,586
高速道路のみ推定パラメータ	31	9	77.5%	23,015	9,578
新潟バイパスのみ推定パラメータ	28	12	70.0%	26,692	9,586
幹線多車線のみ推定パラメータ	31	9	77.5%	26,975	9,586
幹線2車線のみ推定パラメータ	32	8	80.0%	26,875	9,586
準幹線多車線のみ推定パラメータ	31	9	77.5%	28,192	9,586
準幹線2車線のみ推定パラメータ	30	10	75.0%	26,782	9,586
新潟バイパス+幹線多車線のみ推定パラメータ	28	11	70.0%	27,079	9,586
新潟バイパス+幹線多車線+幹線2車線のみ推定パラメータ	28	12	70.0%	27,198	9,586

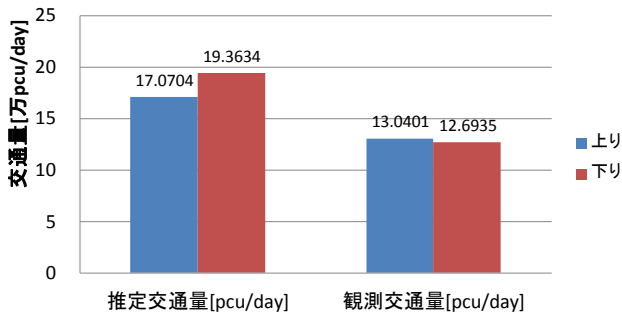


図3 阿賀野川断面スクリーンライン総量比較 (コントロールトータル補正前)

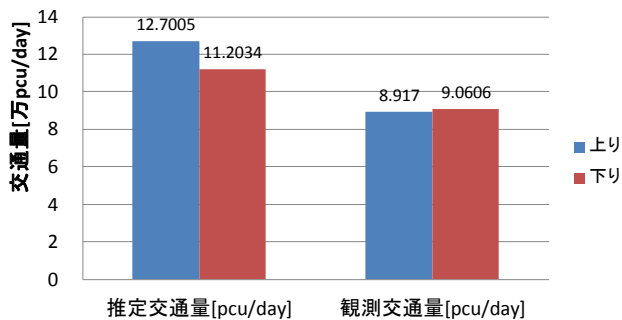


図4 信濃川断面スクリーンライン総量比較 (コントロールトータル補正前)

表4 スクリーンライン総量過大比率比較 (コントロールトータル補正前後比較含む)

		上り	下り
		補正前	阿賀野川 142.4%
補正後	阿賀野川 91.5%	信濃川 88.5%	
	阿賀野川 87.6%	信濃川 82.7%	

誤差の比率は、約2割~5割程度大きいことが分かり、OD間の交通量を過大比率分を補正するコントロールトータルで補正を行った結果、1割程度の誤差に抑えることが表4の結果より実証できた。また表3の路線別で見ると、RMS誤差が最も少ないのは「新潟バイパスのみ推定したパラメータ」であるが、箇所数決定係数の高い「新潟バイパス・幹線多車線・幹線2車線」においては、箇所比率の割合が多くRMSEもさほど大きくないため、施策時のパラメータは「新潟バイパス・幹線多車線・幹線2車線」を選定することとした。

### 5. 高速料金可変施策における影響評価

料金施策シナリオを「①現状のETC割、②終日割引なし、③新制度、④本研究考案の料金施策」の4つとし、表5に示す。それぞれの料金体系で時間帯配分を行い、その配分結果より施策評価を行った。算定式に必要なパラメータは定数となっている時間帯価値(55[円/分])のほか、総所要時間と総費用である。施策の算定式を式(3)にて示し、総所要時間は式(4)より算出した。また、総費用はネットワークの新潟都市圏全域とし、対象区間は表に示すとおりである。料金収入額は、本線部分のみのIC間料金収入を配分交通量台数で総計した値として表5に示す距離単価をかけた値とした。



表 5 時間帯別料金施策シナリオ(単位[円/km])

時間帯	シナリオ1 現状		シナリオ2 終日割引なし		シナリオ3 新制度		シナリオ4 本研究考案の 料金体系			
	小型車	大型車	小型車	大型車	小型車	大型車	小型車	大型車		
0時台							4.1	4.9		
1時台	10.9	13.1	21.7	26.1	15.2	18.3	3.9	4.7		
2時台							3.9	4.7		
3時台							3.9	4.7		
4時台	15.2	18.3			21.7	26.1	10.9	13.1	4.0	4.8
5時台									4.3	5.2
6時台									9.4	11.3
7時台	10.9	13.1			21.7	26.1	10.9	13.1	30.8	37.0
8時台									38.3	46.1
9時台									45.4	54.6
10時台	15.2	18.3			21.7	26.1	21.7	26.1	43.7	52.6
11時台									40.7	48.9
12時台									21.3	25.7
13時台			13.4	16.1						
14時台			17.7	21.2						
15時台			29.7	35.7						
16時台			47.0	56.5						
17時台	10.9	13.1	21.7	26.1	10.9	13.1	64.5	77.5		
18時台							55.7	66.9		
19時台							20.6	24.8		
20時台	15.2	18.3	21.7	26.1	21.7	26.1	6.0	7.3		
21時台							3.8	4.5		
22時台							4.6	5.6		
23時台							4.0	4.9		

表 6 各 IC 間の料金収入の総額

		シナリオ1 現状	シナリオ2 割引なし	シナリオ3 新制度	シナリオ4 本研究考案の 料金体系
新潟西IC	新潟中央IC	759,576	961,995	868,597	523,627
新潟中央IC	新潟豊田IC	635,234	764,894	710,389	471,781
新潟豊田IC	新潟空港IC	696,911	838,182	784,268	944,314
新潟空港IC	豊栄SIC	528,463	661,972	608,432	229,516
豊栄SIC	豊栄新潟東港IC	317,585	343,402	336,572	220,032
豊栄新潟東港IC	聖籠新発田IC	200,977	198,827	209,045	221,143
栄SIC	三条燕IC	0	0	0	2,058,115
三条燕IC	巻湯東IC	1,266,647	1,995,762	1,626,126	2,945,003
巻湯東IC	黒埼SIC	1,295,845	2,040,536	1,657,269	2,824,062
黒埼SIC	新潟西IC	1,076,510	1,675,211	1,364,277	2,306,360
安田IC	新潟IC	211,293	336,444	273,874	1,690,227
新潟IC	新潟西IC	185,979	294,133	241,676	553,063
新潟西IC	新潟中央IC	185,979	294,133	262,534	361,813

各区間の料金収入の総額は表5に示すとおりである。

影響評価の結果については、算定式の結果と、総所要時間と料金収入の相関図の2つの視点にてまとめ、その結果を図6に示す。

$$Z = t \times 60 \times p + c \quad (3)$$

$Z \rightarrow \min$

$Z$  : 評価モデルの目的関数 (円)

$t$  : 総所要時間 (総走行台時[h])

$p$  : 時間価値 ※先験研究より 55[円/分]を使用

$c$  : 総費用 (料金収入総額) [円]

$$t = \sum Q \cdot \frac{L}{V} \quad (4)$$

$Q$  : リンク交通量[pcu/h]

$L$  : リンク区間長[km]

$V$  : リンク旅行速度[km/h]

料金施策における時間帯配分結果を、図5に時間帯別1台当たりの総所要時間と時間帯ODトリップとの比較を添えて示す。また、料金収入と総所要時間の集計結果を表7に示し、料金収入と総所要時間との関係図を図6に示す。

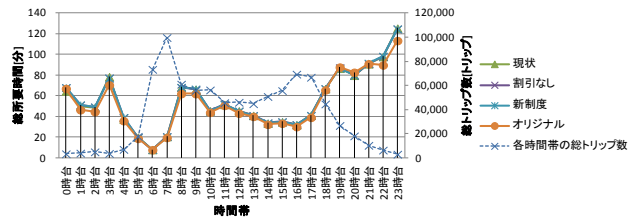


図 5 時間帯別1台当たりの総所要時間

表 7 施策評価モデルの算定結果

	各時間帯の 所要時間の 総計[時間]	料金収入額の 総額 [万円]	施策評価の 算定式Z
シナリオ1 現状	1967.64	736.10	1.385E+07
シナリオ2 割引なし	1978.46	1040.55	1.693E+07
シナリオ3 新制度	1975.12	894.31	1.546E+07
シナリオ4 オリジナル	1877.58	1534.91	2.155E+07

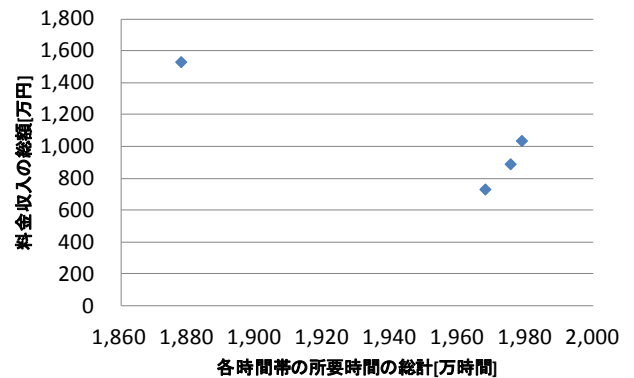


図 6 総所要時間と料金収入の図

この結果によると最適な時間帯別料金制度はシナリオ4となり、所要時間も他と比べ約100時間削減でき、料金収入も最も多く、2番目に料金収入の多いシナリオ2との比較でも500万多い結果となり、施策評価として最も有用であるという結果が得られた。ただ、この料金施策は首都高速のデータを基に分析した料金体系であるため、新潟都市圏における実態を反映すべきと考える。

## 6. おわりに

総括として、新潟都市圏では朝夕の通勤時間帯に多くのトリップ数を示していることが分かった。

BPR パラメータの推定結果では高速道路と準幹線多車線において決定係数が著しく低かった。推定の際、入力データの視点で検証したところ、高速道路と準幹線多車線は、プローブカーデータにおける混雑区間がなかったため、交通量の多い状態つまり混雑時の所要時間が推定データに反映されなかった。このため、交通量に関係せず一定の BPR パラメータを推定する結果となった。その原因として考えられるのは、プローブカーデータの特異値を統計的に除外するため、母平均  $\mu \pm 1\sigma$  で取り除いた際に、母平均が速度の高いデータに多く集中したためと考えられる。これは、プローブカーデータの母平均値から見ても明らかである。このことから、データを取り除く際に混雑するデータの総量が少なかったことが予想される。

交通量配分における日配分と時間帯別配分の比較分析においては、誤差箇所数比較で、ほぼ全てのケースで 40 箇所中 30 箇所以上が相対比較において日配分より時間帯配分の方が良くなり、箇所数では過半数を上回った。RMSE 比較において現況との誤差は信号交差点の遅れ時間を考慮した BPR パラメータを設定したが、推定交通量を観測交通量を完全に整合させることが極めて困難であるから生じる。

高速道路料金施策評価では、料金を変更することによる変動では、配分結果があまり変わらないため、料金収入の多い施策が有用な施策と評価されることがわかった。また、想定した 3 シナリオとも顕著な変化は見られなかった。

今後の課題としては、BPR パラメータの推定結果では高速道路と準幹線多車線において決定係数が著しく低かった。混雑時間帯のデータを含んだプローブカーデータを推定データに入れることで推定結果に影響することが他の 4 路線から分かった。これを踏まえた改良案としては、混雑する区間を対象とした他地域（東京近辺）でかつ、ゴールデンウィーク、お盆、年末年始期間などの繁忙期期間のプローブカーデータを補完して作った BPR 推定を行うことができれば望ましい結果が得られたのではないかと考えられる。

交通量配分における日配分と時間帯配分の比較分析においては、交差点におけるパラメータ数が JICASTRDA という交通需要予測ソフトの制約により、全交差点に設置することができなかった。これはソフトの制約上困難な課題であり、大規模なネットワーク配分では解決できないが、小規模ネットワークにおいては、ネットワークの規模を縮小したうえで細分化した道路ネットワークの配分を行うことで可能と考えられる。また、時間帯別 OD 交通量の総量も時間帯別 OD の元データである起終点 OD 調査におけるサンプル数が日配分交通量用に対応できる程度であった。そのため、時間帯別用のサンプル数としては不足であり、精度が期待したほどの結果が得られなかった。一方、日配分では、最適なサンプル数であったことが功を成して精度が良い結果となったことが考えられる。

高速道路料金施策評価では、配分精度の影響を受け、交通量が過大に見積もられている。交通量の総量が施策評価に大きな影響を与えることを考えれば、配分分析の今後の精度向上は不可欠である。また、料金の可変における推定交通量の変動がさほど大きくない点については、時間価値が現状に照らして合っていないことが考えられる。これについては、時間価値の変動による感度分析や新潟都市圏ローカルなパラメータを再評価することで、時間価値の適切な値を示すことができると考えられる。そして、想定した 4 つのシナリオ以外のシナリオを加え再考することによるさらに有効な施策の提案が可能となる余地があると考えられる。

## 7. 参考文献

- 1) 松井雄一，高速道路の料金割引における時間帯別交通量推計とその影響評価，本学環境システム修士論文，2004
- 2) 松井寛・山田周治，道路交通センサスに基づく BPR 関数の設定，交通工学，Vol.33，No.6，1998
- 3) 土木学会 太田 勝敏編：道路交通需要予測の理論と適用第 II 編 利用者均衡モデルの展開，丸善，2006