

河野達仁**・森杉壽芳***・岸昭雄****

By Tatuhiro KONO**・Hisa MORISUGI***・Akio KISHI****

1. はじめに

交通施設整備によってもたらされる様々な便益のうち、時間節約による便益は 7,8 割を占める。したがって、時間価値の大きさは交通需要予測ならびに交通投資の費用便益分析において決定的に重要であるといえる。現状の実務的な交通需要予測および費用便益分析においては、時間価値を一定としており、Hayashi & Morisugi (2000)¹⁾ は、先進国の便益評価マニュアル等においては業務交通における時間価値を賃金率として与え、私的交通における時間価値は賃金率の 50% 程度として与えていることを示している。一方 DeSerpa (1971)²⁾、Jara-Diaz (2000)³⁾らは、勤務時間の非弾力性、労働による不効用、交通所要時間の不確実性などの要因により、時間価値は賃金率と一致しないことを指摘している。

既存の理論研究で明らかにされているように、個人が自分の利用可能時間を勤務時間と余暇時間に自由に分配可能であるとし、勤務時間に関しては正の効用も負の効用も得ないと仮定すれば、時間価値は賃金率に一致する。これが実務段階で用いている賃金率アプローチ、いわゆる時間価値を賃金率と等しいと考える理論的根拠となっている。しかし実際には、一部の職種を除いて、個人の意思によって勤務時間を自由にコントロールすることは短期的にはもちろん長期的に考えてもほとんど不可能である。勤務時間を固定とした下では、私的交通における時間価値は賃金率に一致せ

ず、さらに様々な要因（交通所要時間、交通料金など）によって変化する。したがって、本来交通需要予測の際には、時間価値を内生変数としなければならない。河野・森杉(2000)⁴⁾ は、比較静学により経済変数（賃金率、労働時間、交通所要時間、利用可能時間、交通料金、購入に交通の伴う財の価格）の変化による時間価値の変化の符号を理論的に導いている。したがって既存研究の示すように、時間価値は変化するものであるため、交通需要予測の際には、時間価値を内生化する事が望ましい。

本研究は、勤務時間が固定の下で個人の行動モデルを構築し、時間価値および交通需要の変化を数値シミュレーションによる比較静学によって示すことにより、時間価値を内生化することが交通需要予測に与える影響について考察する。

2. 個人の行動モデルの構築

個人の行動モデルの構築にあたり、本研究は私的交通の代表である買い物交通による交通需要を分析対象とする。モデルの枠組みは図 - 1 に示すように、買い物地1（都心部）および買い物地2（郊外部）の2地域を考え、個人は都心部に通勤しているものとする。

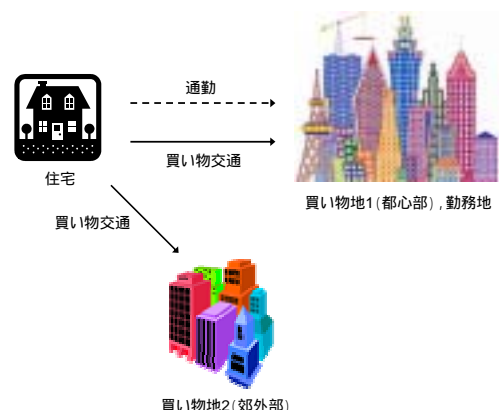


図 - 1 行動モデルの枠組み

*キーワード：公共事業評価法，整備効果計測法

**正員，博士(学術)，東北大学講師，大学院工学研究科

***正員，工博，東北大学教授，大学院情報科学研究科

****学生員，修士(情報科学)，東北大学大学院情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06，

TEL 022-217-7501，FAX 022-217-7500)

個人の効用最大化行動を次のように定式化する。

$$V(\cdot) = \max_{x_{ki}, Z_z, Z_h} \left[\alpha_s \left(\sum_{i=1}^2 \beta_i x_{ki}^{\eta_2} \right)^{\frac{\eta_1}{\eta_2}} + \alpha_z Z_z^{\eta_1} + \alpha_h Z_h^{\eta_1} \right]^{\frac{1}{\eta_1}} \quad (1)$$

$$s.t. \quad Z_z + \sum_{i=1}^2 (P_i + x_{si}) x_{ki} = I - P_1 x_w \quad (2)$$

$$Z_h + \sum_{i=1}^2 (\tau_{ii} + t_{ii}) x_{ki} = T - x_w \tau_{i1} \quad (3)$$

ただし、 i ：買い物地を表す添え字($i = 1, 2$)、 Z_z ：合成財消費量、 Z_h ：余暇消費量、 x_{ki} ：買い物地 i への訪問回数、 x_{si} ：買い物地 i における一回あたりの消費量、 x_w ：通勤回数、 t_{ii} ：買い物地 i における一回あたりの滞在時間、 I ：総所得、 T ：勤務時間を除く総利用可能時間、 P_i ：買い物地 i への交通料金(往復)、 τ_i ：買い物地 i への所要時間(往復)、 $\alpha_h, \alpha_s, \alpha_z, \beta_i, \eta_1, \eta_2$ ：パラメータ($\alpha_s + \alpha_h + \alpha_z = 1, \beta_1 + \beta_2 = 1$)、 $V(\cdot)$ ：間接効用関数

(1)式は個人の効用最大化行動を表し、直接効用関数の形状を C.E.S.型効用関数と特定化している。本研究は時間価値を生産化した場合の時間価値および交通需要の変化を比較静学によって考察することを目的としているため、数値計算の簡単化のために、 x_{si} (買い物地 i における一回あたりの消費量)、 t_{ii} (買い物地 i における一回あたりの滞在時間)を固定とし、個人にとっての操作変数は Z_z (合成財消費量)、 Z_h (余暇消費量)、および x_{ki} (買い物地 i への訪問回数)のみとしている。(2)式は所得制約式であり、合成財の消費量、買い物地 i での消費量、およびそれに付随する交通費用の総和が、総所得から通勤費用を差し引いたものに等しいことを表している。ただし表記の簡略化のために、全ての財の価格を 1 としている。(3)式は時間制約式であり、余暇時間、買い物地 i での滞在時間、およびそれに付随する交通所要時間の総和が、勤務時間を除く総所要時間から通勤時間を差し引いたものに等しいことを表している。以上の効用最大化問題におけるラグランジュ関数は以下ようになる。

$$S = \left[\alpha_s \left(\sum_{i=1}^2 \beta_i x_{ki}^{\eta_2} \right)^{\frac{\eta_1}{\eta_2}} + \alpha_z Z_z^{\eta_1} + \alpha_h Z_h^{\eta_1} \right]^{\frac{1}{\eta_1}} + \lambda \left[I - P_1 x_w - Z_z - \sum_{i=1}^2 (P_i + x_{si}) x_{ki} \right] + \mu \left[T - x_w \tau_{i1} - Z_h - \sum_{i=1}^2 (\tau_{ii} + t_{ii}) x_{ki} \right] \quad (4)$$

ここで、 λ および μ はそれぞれ所得制約、時間制約に関するラグランジュ乗数である。このとき、時間価値 VoT はラグランジュ乗数の比として以下のように表される(河野・森杉(2000)⁴⁾。

$$VoT = \frac{\mu}{\lambda} \quad (5)$$

ただし、添え字*は効用最大化行動によって最適化された下での λ および μ を表している。

3. 数値シミュレーションによる交通需要および時間価値の同時推計

前節の行動モデルにおいて、RP データおよび外生変数からキャリブレーション等によりパラメータを推計することは可能である。一方、パラメータ、すなわち効用関数の形状が特定化されれば、個人の効用最大化行動を数値的に解くことにより、実際の経済のある外生変数の下での交通需要および時間価値の同時推計が可能となる。表 - 1、2 にそれぞれ本研究で用いるパラメータ、外生変数を示す。ただし表 - 1 において、本研究は買い物地 1(都心部)と買い物地 2(郊外部)の代替弾力性が大きいケース($\eta_2 = 0.9$)と小さいケース($\eta_2 = 0.3$)を想定することとし、パラメータの値は、個人の効用最大化問題を解いた結果、買い物地への訪問回数、時間価値等が実際に想像されるものになるように決定した。また表 - 1 の外生変数において、総所得は 1998 年の仙台市における可処分所得の平均を、総利用可能時間は勤務時間、睡眠時間、家事時間を差し引いた残りの時間としており、2000 年の仙台市におけるアンケート結果に準拠している。また、交通所要時間や交通料金等その他の外生変数は、仙台市の郊外住宅地に住む家計を想定して設定した。

数値計算の結果、表 - 1、2 に示すパラメータ、外生変数の下で、時間価値およびその他の内生変数は、表 - 3 のように計算される。表 - 3 が示すように、 VoT は 40 円程度と概ね良好な数値計算結果といえる。また、買い物地間の代替弾力性が大きい場合($\eta_2 = 0.9$)、弾力性が小さい場合($\eta_2 = 0.3$)と比較して、交通料金および交通所要時間の小さい(より交通環境の良い)買い物地 2 への訪問回数(交通需要)が買い物地 1 に比べて大きくなっていることが分かる。

表 - 1 効用関数におけるパラメータ

α_s	α_z	α_h	β_1	β_2	η_1	η_2
0.8	0.06	0.194	0.6	0.4	0.5	0.9
						0.3

表 - 2 外生変数

	x_{si} (円)	x_w (回)	t_{ii} (分)	P_i (円)	τ_{ii} (分)	I (円)	T (分)
買い物地 1 (都心部)	10000	20	60	1000	90	129694	21300
買い物地 2 (郊外部)	3000	-	60	300	30		

表 - 3 数値計算結果

	x_{k1} (回)	x_{k2} (回)	Z_z (円)	Z_h (分)	VoT (円/分)
$\eta_2 = 0.9$	5.97	8.79	33039	19434	42.16
$\eta_2 = 0.3$	6.81	7.25	28897	19447	39.41

4. 比較静学による時間価値および交通需要の変化

本節は、交通所要時間および交通料金が変化した際の時間価値の変化を計算している。表 - 4 は、買い物地 1 (都心部) への交通所要時間 τ_{ii} が 30 分から 150 分まで変化した場合の交通需要、時間価値を含む内生変数の変化を示している。一方、表 - 5 は買い物地 1 (都心部) への交通料金 P_i が 157 円から 1843 円まで ($\eta_2=0.9$)、および 12 円から 1788 円まで ($\eta_2=0.3$) 変化した際の交通需要、時間価値を含む内生変数の変化を示している。

表 - 4, 5 が示すように、交通所要時間の増加は時間価値を増加させる一方、交通料金の増加は時間価値を減少させる。これは河野・森杉(2000)⁴⁾の理論分析によって得られた結論と一致する。また、交通所要時間の変化によって、時間価値が約 10%程度変化している一方、交通料金の変化によっては、時間価値はほとんど変化していない。実際、時間価値の交通所要時間の変化 (90 分から 30 分) に関する弾力性は 0.068 ($\eta_2 = 0.9$)、0.064 ($\eta_2 = 0.3$) となっている一方、

交通料金の変化 (1000 円から 500 円) に関する弾力性はほぼゼロ ($\eta_2 = 0.9$)、0.012 ($\eta_2 = 0.3$) となっている。すなわち、時間価値の交通所要時間に関する弾力性は交通料金に関する弾力性に比べて非常に大きい。また、買い物地 1 (都心部) と買い物地 2 (郊外部) の代替弾力性を表すパラメータ η_2 は、訪問回数、すなわち交通需要の変化には大きな影響を与えているものの、時間価値の変化に与える影響は小さいことがわかる。

仮に時間価値が交通所要時間 90 分における値に固定されていれば、交通所要時間の 20 分の減少は、843 円 (=42.16 円/分 × 20 分) ($\eta_2 = 0.9$)、788 円 (=39.41 円/分 × 20 分) ($\eta_2 = 0.3$) の交通料金の減少に等しい。交通需要が一般化交通費用 (時間価値 × 交通所要時間 + 交通料金) の関数として表されるならば、交通所要時間の 20 分の減少による交通需要の変化量は、交通料金の 843 円 ($\eta_2 = 0.9$)、788 円 ($\eta_2 = 0.3$) の減少による交通需要の変化量に等しくならなければならない。しかしながら、表 - 4, 5 に示すように $P_i = 1000$, $\tau_i = 70$ ($\eta_2 = 0.9$) における交通需要と $P_i = 157$, $\tau_i = 90$ ($\eta_2 = 0.9$) および $P_i = 212$, $\tau_i = 90$ ($\eta_2 = 0.9$) に

表 - 4 交通所要時間の変化による各内生変数および時間価値の変化

$\eta_2=0.9$							
I	30	50	70	90	110	130	150
Z_z	33098	33035	33036	33039	33042	33044	33183
Z_h	21354	20726	20087	19434	18771	18112	17500
x_{k1}	7.68	7.30	6.75	5.97	4.87	3.40	1.75
x_{k2}	3.05	4.34	6.17	8.79	12.46	17.35	22.81
VoT	40.25	40.82	41.47	42.16	42.90	43.67	44.52
$\eta_2=0.3$							
I	30	50	70	90	110	130	150
Z_z	28801	28803	28893	28897	28901	28906	28911
Z_h	21146	20577	20027	19447	18886	18330	17780
x_{k1}	7.25	7.13	7.07	6.81	6.62	6.41	6.16
x_{k2}	5.80	6.21	6.37	7.25	7.87	8.58	9.40
VoT	37.73	38.25	38.84	39.41	40.00	40.60	41.23

表 - 5 交通料金の変化による各内生変数および時間価値の変化

$\eta_2=0.9$							
P_i	157	500	750	1000	1250	1500	1843
Z_z	33039	33039	33039	33039	33039	33039	33039
Z_h	19433	19434	19434	19434	19434	19434	19434
x_{k1}	10.67	8.56	7.20	5.97	4.84	3.80	2.52
x_{k2}	0.96	4.47	6.73	8.79	10.67	12.40	14.54
VoT	42.1591	42.1590	42.1589	42.1589	42.1588	42.1588	42.1587
$\eta_2=0.3$							
P_i	212	500	750	1000	1250	1500	1788
Z_z	28951.47	28935	28913	28897	28897	28897	28897
Z_h	19067.51	19235	19342	19447	19447	19447	19447
x_{k1}	8.33	7.93	7.35	6.81	5.64	4.57	3.45
x_{k2}	2.01	3.52	5.25	7.25	9.19	10.97	12.84
VoT	39.8418	39.6571	39.5313	39.4143	39.4142	39.4142	39.4142

おける交通需要は全く異なる．例えば， $\eta_2 = 0.9$ のとき， $P_1 = 1000$ ， $\tau_1 = 70$ における買い物地 1 への交通需要は 6.75 である一方， $P_1 = 157$ ， $\tau_1 = 90$ における買い物地 1 への交通需要は 10.67 となっている．また， $\eta_2 = 0.3$ のとき， $P_1 = 1000$ ， $\tau_1 = 70$ における買い物地 1 への交通需要は 7.07 である一方， $P_1 = 212$ ， $\tau_1 = 90$ における買い物地 1 への交通需要は 8.33 となっている．以上の数値計算結果より，交通所要時間の変化と交通料金の変化が一般化交通料金の変化の上では等しくても，それぞれが交通需要に与える影響の度合いは全く違うことが分かる．これは交通需要予測の際には決定的に重要な性質である．なぜなら，通常交通需要予測においては，交通需要は一般化交通費用の関数と仮定しているからである．つまり，通常交通需要予測においては，交通所要時間の変化も交通料金の変化も，共に一般化交通費用の変化を通して交通需要に等しく影響を及ぼしてしまうため，等しい一般化交通費用の変化を引き起こすような交通所要時間，交通料金の変化は，等しい交通需要の変化をもたらしてしまうことになる．一方，本研究の数値計算は勤務時間が固定であると仮定した下での交通需要予測である．したがって，通常一般化交通費用のみを用いた交通需要予測は，勤務時間が固定の下では大きな誤差を生むといえる．この誤差の原因は以下のとおりである．第 1 に，交通所要時間の変化と交通料金の変化は，交通需要に直接影響を及ぼす時間価値の変化に逆に作用するためである．すなわち，交通所要時間の増加は時間価値を増加させる一方，交通料金の変化は時間価値を減少させるため，それに対応して交通需要の乖離も大きくなる．第 2 に，時間価値の変化は交通需要のみならず全ての財の消費に影響を及ぼすからである．例えば，表 - 4 と表 - 5 に示すように交通所要時間が 90 分から 110 分に増加すると，余暇時間が 19434 分から 18771 分へと減少する ($\eta_2 = 0.9$ の場合)．一方，一般化交通費用上では同等の変化である，交通料金が 1000 円から 1843 円に増加しても，余暇時間はほとんど変化しない ($\eta_2 = 0.9$)．合成財消費量や余暇時間は所得制約，時間制約を通じて交通需要に影響を及ぼすため，仮に時間価値の変化がそれほど大きくなっても，合成財の消費量や余暇時間の変化を通じて交通需要に影響を及ぼし，結果として交通需要が大きく異なることになる．

5. おわりに

本研究は，勤務時間が固定の下で時間価値および交通需要の変化を数値シミュレーションによる比較静学によって示すことにより，時間価値を内生化することが交通需要予測に与える影響について考察を行った．交通料金と交通所要時間に関する時間価値の弾力性について，前者は非弾力的（ほとんどゼロ）である．後者の弾力性は 0.02-0.06 と非弾力的ではあるが交通料金と比較すると大きな値であった．また，時間価値を一定とした一般化交通費用の変化が一定であるような交通料金と交通所要時間の変化の交通需要に与える影響を比較した．従来一般化交通費用アプローチでは，一般化交通費用の値が一定であるように交通料金や交通所要時間を変化させた場合，交通需要の変化も同じになる．しかしながら本研究のアプローチでは，交通所要時間を変化させた時の需要のほうが交通料金を変化させた時の需要と比較して 1.2-1.8 倍ほど大きな需要量となった．つまり，交通所要時間の変化と交通料金の変化が一般化交通費用の変化の上では等しくても，それぞれが交通需要に与える影響の度合いは全く違うことが分かる．したがって従来型の時間価値一定の一般化交通費用による交通需要予測方法は大きなバイアスをもたらしている可能性が高いことが判明した．

参考文献

- 1) Hayashi, Y. and Morisugi H. : International Comparison of Background Concept and Methodology of Transportation Project Appraisal, Transport Policy, Vol. 7, No.1, pp. 73-88, 2000
- 2) DeSerpa, A.C. : A theory of the economics of time, The Economic Journal 81, 828-846, 1971
- 3) Jara-Diaz, S.R. : Allocation and valuation of travel-time savings, in D.A. Hensher and K.J. Button eds, Handbook of Transport Modelling 1, Oxford: Elsevier Science, 303-318, 2000
- 4) 河野達仁，森杉壽芳：時間価値に関する理論的考察・私的交通のケース，土木学会論文集 No.639， -46， pp53-64， 2000