

## 交通需要予測における交通機関の決定 要因としての時間・費用の考え方

村 俊 範

### 1. はじめに

北京-上海間新幹線計画の需要予測モデルとして利用されたModal Demand モデル(以下MDモデル)は、わが国における一般的な交通需要予測モデルである四段階推定法についての欠点を解決していることが、村(2004)では確認されている<sup>(1)</sup>。MDモデルの理論は、交通需要予測に用いられる理論として一般的な四段階推定法の欠点を解消している。しかし、実際の交通需要予測作業に供するためには、MDモデルの理論は時間・費用の考え方などいくつかの問題点を残している。

塚原は、需要予測モデルの定式化においては、交通利用者は交通自体が需要の目的ではなく、交通手段の費用・時間に代表される各種マイナス効用について、各自の評価においてのマイナスの効用(=非効用)の総和が最小になるような交通手段を選択するものと仮定すべきであると述べている。そして、マイナスの効用として「単に貨幣的な支出に止まらず」と述べており経済学の費用概念における考え方にも触れている。しかし、「現実の問題としても、公共交通機関による交通を対象として考えた場合には、非効用の要素として、時間と費用をとり上げれば足りるように思われる。」<sup>(2)</sup>と述べている。すなわち、ここで、塚原が述べている時間と費用は、乗車時間と乗換時間のみ、費用は運賃・料金のみのような狭義の時間・費用として考えられる。しかしながら、これら2つの要素だけでは、潜在需要の顕在化、交通機関選択時に発生するさまざまな問題があまりにも単純化されてしま

---

(1) 村俊範「モーダル・デマンドモデルの成立」『経済論集第82号』大東文化大学経済学会、2004年、pp.117-140。

(2) 塚原重利「交通需要および交通の便益の推計モデルに関する一考察」『交通学研究 1970年研究年報』日本交通学会、1971年、p.205。

う。具体的には、以下のような問題が生ずる。

- (i.) 潜在需要の顕在化する状況、顕在化された需要による交通機関選択が、交通機関の高速化による効用の増加、運賃・料金の値上げによるマイナスの効用の増加など、変化について敏感である場合、機関シェアが大きく変動する可能性がある。
- (ii.) 交通利用者が交通機関を利用する際には、利用目的、乗換・乗継などの時間・費用で表すことができない効用・マイナスの効用があり、その効用・マイナスの効用が機関選択の重要な要素となる場合が多い。
- (iii.) 交通利用者が交通機関を選択する際に、輸送能力などのある一定の枠付けが必要であるが、その点はこれまでの推定では含まれていない。

本稿では、交通機関の決定要因である時間・費用および、その他のマイナスの効用について検討を行うことによって、上に挙げた4つの問題点について考察を行う。

## 2. 交通機関別の時間・費用の考え方

交通機関の選択基準としては、一般的に所要時間が短く、費用の安いものを選ばれる。しかし、1で述べた、(i)の問題点は、塚原が述べた「時間・費用」はOD<sup>(3)</sup>間の時間・費用を狭義に考えており、実際には(ii)の問題点を含めた広義での「時間・費用」でないと、実際の利用者行動と大きく異なる可能性があるということである。

例として、つくばエクスプレス（以下TX）の開業による高速バスの利用者数の減少を考察してみる。（表1参照）

TXは、沿線の住宅地開発の遅れなどを理由に開業前の利用客見込みは、13万5千人となっていたが<sup>(4)</sup>、実際の利用客は一日20万人に達した<sup>(5)</sup>。

---

(3) 交通の発着（Origin Destination）。

(4) 朝日新聞 2006年8月24日夕刊より。

(5) 東京新聞 2006年9月30日茨城版より。

表1 東京ーつくば間 交通機関の差異

交通機関	高速バス<常磐高速線> (東京駅ーつくばセンター)		つくばエクスプレス (秋葉原ーつくば)
	TX開業前 (H16.7.1)	TX開業後 (H18.10.1)	H17.8.24開業
運転本数	88往復 <sup>(6)</sup>	52往復	秋葉原ーつくば直通 74往復
所要時間	上り 110分 <sup>(7)</sup> 下り 80分	上り 80分 下り 65分	快速 45分 <sup>(8)</sup> 区間快速 52分
運賃	¥1,150	¥1,150	¥1,150
利用者数 (上り下り合計)	年間 200万人 <sup>(9)</sup>	年間 60万人 <sup>(10)</sup>	年間 約6,000万人 <sup>(11)</sup>

この路線は、運賃は同等であるものの、所要時間の差異のため高速バスの利用者が7割もの減少を見せた路線である。それも、つくば発の上りバスは、首都高速道路の慢性的な渋滞のために到着時間が大幅に遅延する場合もあるため、より減少率も大きくなっているのが現状である。しかし、道路混雑の影響をあまり受けない下りつくばセンター行は最大地上5階から地下5階までかかる秋葉原駅での乗換がなく、下車時に利便性の高いつくば市内の団地を経由して行くこともあり、以前ほどの混雑はないものの上り線に比べるとTX開業の影響は少なくなっている。

このように、運賃・料金が同等であっても、予想される所要時間の差異で利用者が大きく変動するのが交通機関である。また、運行に要する所要時間が大きくても利便性が高い(乗換が少ない等)によって利用者が増加するのも交通機関である。

塚原は、このような点については考える必要はないのではないかと考えていたが、筆者

(6) [http://www.kyouiku.tsukuba.ac.jp/~kazu/traffic/highway/PDF/Center\\_04.pdf](http://www.kyouiku.tsukuba.ac.jp/~kazu/traffic/highway/PDF/Center_04.pdf)

(7) 最大180分(3時間)の場合もあった。

(8) 東京駅までの場合、15分程度の時間がかかる。

(9) つくば市都市建設部交通政策室編『つくば総合都市交通体系調査報告書』2004年(2002年4月より2003年3月の概算実績値)

(10) 朝日新聞 2006年4月14日茨城版より。(2005年8月のつくばエクスプレス開業後、2006年4月までの輸送量より推定)

(11) 東京新聞 2006年9月30日茨城版より(全線でのトータル利用者、2005年8月のつくばエクスプレス開業後、2006年8月までの輸送量より推定)

は、「交通機関は、明示的な時間・費用だけで交通利用者が機関選択を行うのではなく、その他の利便性なども加味して決定する」とするべきであると考え。TXの例は、そのことをわれわれに示している。

2-1、2-2では、公共交通機関と自動車利用に分けて、モデルの定式化上、考慮されるべき効用に対するマイナス要因を考察する。

## 2-1. 公共交通機関で考えるべきマイナスの効用

公共交通機関が持つマイナスの効用としてあげることができるのが、問題点(ii)、すなわち、乗り換えと運行の頻度の問題である。

第一に、乗り換えについては、機関同士の結節点(乗換駅等)において発生する実際の乗り換え時間だけではなく、階段の上下などの肉体的な疲労についても検討が必要であると考えられる。なぜならば、トータルの所要時間が少ない経路であっても乗換えが多い経路は通常利用されにくく、多少の金銭的、時間的損失が発生するルートであったとしても乗換えが少ない方が多く利用される場合も存在する。この場合、時間価値によって計算される交通需要予測においては、実際には多く利用されている後者のルートに対する需要が少なくなってしまうという問題が発生する。これは、一般の四段階モデルでも存在するが、各種の交通機関への有効需要と分配が同時に行われるMDモデルをはじめとする同時型交通需要予測モデルにおいてはより大きなペナルティとなりかねないものとして考えなければならない。したがって、各結節点における乗換のマイナスの効用をより大きくすることによって、それらの問題点をできるだけ小さくすることが、交通需要予測の予測精度を向上させる上で必要があると考えられる。この場合、対象ゾーンの区分けが大きな整備新幹線などの交通需要予測であれば、各結節点における乗り換え抵抗(=犠牲量)は、ほとんどの結節点で一律と仮定しても、大きな差は得られないであろう。しかし、新在直通新幹線<sup>(12)</sup>や小規模路線の新規開業など過去の交通機関の所要時間と大差ない交通機関の需要予測に関しては、各結節点での乗り換え抵抗についてそれぞれ実態に即した形で設定を行う必要がある。なぜならば、大きなスピードアップではない場合には乗り換えのような些

---

(12) 山形・秋田新幹線のように、新幹線区間から在来線に乗り入れを行う新幹線。

細な時間でさえも潜在需要の顕在化に大きな影響を与える可能性があると考えられるためである。

そこで、その乗り換え抵抗を具体的にどのような数字に設定するかが問題となってくる。現在はバリアフリー法などの施行により、以前より乗り換え抵抗は少なくなっているが、やはりエスカレーターやエレベーターの上り下りを使わなくてはならない乗換えよりはホームからホームで乗換えができるほうが乗り換え抵抗は少ないとあってよいであろう。したがって、数値としては実際のモデル上での検証が必要となるが、プラットホームからプラットホームは実時間、エレベーター・エスカレーターの利用は実時間の2倍、階段のみ場合は実時間の4倍程度の乗り換え抵抗を付与することによって、乗り換えのシミュレーション的なモデル運用ができるであろう。しかし、これについては、今後の実モデル開発上でよりいっそう議論が必要ではないかと考えられる。

次に運転本数すなわち頻度に関する議論である。先行研究において「便数の影響が旅客輸送需要に及ぼす諸要因」として、待ち時間を加味して、交通需要予測におけるマイナスの効用を増すということが議論されているが、結論としては、交通需要予測の精度向上に役立つことは認められているが、どのように定式化を行うかの議論が尽くされておらず、「十分定量化するまでにいたっていない」というのが現状である<sup>(13)</sup>。

しかし、実際の利用者の感覚に依拠して交通需要予測の諸設定を決定するということを考えるならば、交通の頻度を交通需要予測に組み込むことを考えなければならない。一般的な交通利用であるとき、利用有効時間（通常 午前6時から午後9時とされている）内の各交通機関の運転本数に応じて、交通機関の時間帯ごとの平均待ち時間の最大値を計算し、その時間を時間の損失（＝マイナスの効用）とすることができる。これによって、定量化が十分可能である。交通需要予測においてODゾーン<sup>(14)</sup>内からODゾーン中心までの移動を考えると、利用有効時間を外れた場合、その公共交通機関は利用困難と考えられる。そのため、利用有効時間を外れた公共交通機関の運転本数はカウントしないのが適当である。ただし、路面電車・地域の路線バスの停留所間の交通需要予測を行う場合のようにゾーンが非常に小規模である場合では、交通需要予測モデルを利用して需要予測を行う場合

(13) 赤木新介『新 交通機関論』コロナ社、1995年、p.35。

(14) 交通利用者が着発する区域の区切り。

には利用有効時間については考えず、始発から終発までの全本数により待ち時間を設定しても問題は少ない。

頻度について考慮すべき点の2つめは、利用できる本数には時間帯ごとの偏差が存在することである。通常、朝夕のラッシュ時は運転本数が多く、昼間時には運転本数が少なくなる。したがって、ラッシュ時は待ち時間が少なくなり、昼間時は待ち時間が多くなる。この偏差をどのように考えるかが問題になってくる。山手線のように本数が多い場合には、すべての時間帯で一定とみなすことができる。すなわち、待ち時間の偏差が無視できる場合もあるが、通常の公共交通機関では無視しにくい問題である。路面電車や地域のバスのように、通勤・通学等の日常利用が多い場合には全日での本数で待ち時間を判断したほうが実際の需要に即した待ち時間となるであろうし、整備新幹線などのように、いわゆる旅行による需要が多いと考えられる交通機関に関しては、昼間時の運転本数によって需要予測を行うほうが、実際の需要に即していると考えられる。ただし、いわゆる「通勤新幹線」に関しては、区間も限られていることもあり、日常利用として考えたほうが望ましいのではないだろうか。

また、公共交通機関として考慮しなければならないのは、高速バスである。高速バスは一般的に所要時間が大きいものの、料金・頻度などの点においては他の交通機関とは比べ物にならない優位性を有しているものと考えられる。ただし、公共交通機関としての輸送力が他の交通機関と比較して非常に小さいという欠点を持っている（混雑時には、続行便などによってある程度の輸送力は強化できるが、それでもバス1台の輸送力は電車1両の半分以下<sup>(15)</sup>であるので、おのずから限界が存在する）。しかし、同時決定型交通需要予測モデルは利用者の効用で評価した時間価値より、所要時間・運賃の犠牲量によって交通機関の機関配分を決定してゆくの、運賃によってはかなりの輸送量がバスに対して割り振られる可能性が存在する。このような例は、理論的に他の交通機関においても存在する可能性がある。この点は、問題点 (iii) で指摘したが、輸送力の小ささに対しての需要が過大になる可能性に対してどのような制御を行うかはかなり難しい問題ではあるが、OD間における機関配分交通量に制限を加えるか、高速バス（ないしは同様の現象をもた

---

(15) 横4列のバスの場合55名程度であり、新幹線1両の120名程度に比べると半分以下である。

らす交通機関等) という公共交通機関自体を誤差として機関配分の中に含まないという方法をとるか、という選択を迫られる場合があるものと考えられる。しかし、高速バスを公共交通機関に含まないということは、交通需要予測において高速バスと他の交通機関との同時性・代替性を無視することになり、実際に統計的には無視して得られるモデルのパラメータなどにバイアスが生じるなど、正確な予測が困難になることが考えられる。また、必ずしも大人数とはいえない区間断面交通量の中でそれなりの人数を誤差として扱うのも問題があると考えられる。したがって、高速バスはその他の公共交通機関と同様に扱い、問題が発生する場合には、輸送量に上限をつける形でシミュレーションするのが合理的である。

## 2-2. 自動車におけるマイナスの効用

これまで、公共交通機関の利用について述べてきたが、交通機関の利用として大きなシェアを占めるのが自動車である。自動車の特性として、「個別交通機関」<sup>(16)</sup>という点が上げられる。それは、各個人がその手段を所有し、さらに自分で運転を行うという点である。したがって、利用時のネットワークという点から見ると、自動車という交通機関は交通利用者＝運転者<sup>(17)</sup>であるから、利用者が主体的に行動を起こし経路を決定する。その場合の経路決定に関しては、基本的にWardropの第一仮説<sup>(18)</sup>にあるように「交通利用者はなるべく旅行時間の短い経路を選ぼうとするもの」と仮定される。したがって、時間最短のルートを経由して自動車による旅客輸送を仮定すればよい。

そのルートであるが、自動車には、問題点(ii)に分類される、公共交通機関とは異なるマイナスの効用が存在するために、単純にもっとも短いルートを算出するだけで終わりということにはならない。第1の理由として、「長距離・長時間運転における疲労」というマイナスの効用がある。実際の利用動向がどのような状況であるのかを検討する必要がある。阿井<sup>(19)</sup>による先行研究では、自動車旅行の限界距離として高速道路利用者の意識調

(16) 赤木、1995年、p.218。

(17) 同乗者も運転者に対して意見などを述べることによって、主体的に行動を決定していると考えても問題はないと考えられる。

(18) 土木学会『道路交通需要予測の理論と適用』土木学会、2003年、p38。

(19) 阿井信孝『マイカー利用者の特性分析』運輸調査局、2001年。

査の結果として、400km未満が男性30.3%、女性16.7%と最も多いが、自動車旅行の限界距離は500kmという回答も400km未満という回答の次に多かった<sup>(20)</sup>。他の調査<sup>(21)</sup>では、運転距離は「距離に関係ない」（どんなに距離が長くても問題無い）という回答が全体の56%という結果であった。このような点からも、500km以上の長距離移動に関しても、自動車による旅客輸送の需要が存在すると考えられる。交通需要予測モデルによっては、自動車の移動距離に対して上限を設けるモデルも存在する。これは、「長距離・長時間運転における疲労」というマイナスの効用を距離制限という形で、モデル上定式化したものであると考えられる。しかし、上記の利用者の動向を踏まえると、自動車の移動距離に関しては「制限を設けない」という形にしたほうが、実際の旅客需要に見合った形であると考えられる。しかし、長距離旅行についてのペナルティは何らかの形で、犠牲量として付加すべきであろう。その非効用をどの程度にするかという問題がある。当然、時間が増加するにつれ疲労は増大するので、時間に対する増加関数であることは容易に考えられるが、その量をどのようにするかということである。これらについては、実際のところ定量化された数値はない。今後、交通需要予測モデルを構築する上での議論になると考えられる。

第2の理由として、問題点（i）にある、俗に言われる「1人なら鉄道、2人以上なら自動車」といわれる移動コストの問題がある。たとえば、東京－名古屋間を例に取る。

表2 東京－名古屋間 新幹線と自動車による移動コスト

人数	鉄道のコスト 104分	一人当たりの コスト	自動車のコスト 270分	一人当たりの コスト
1	¥10,580	¥10,580	¥14,625	¥14,625
2	¥21,160	¥10,580	¥14,625	¥7,313
3	¥31,740	¥10,580	¥14,625	¥4,875
4	¥42,320	¥10,580	¥14,625	¥3,656

鉄道：『時刻表』JTB、2006年8月、より算出。自動車：距離・時間：アルプス社製PC用地図ソフトウェア「プロアトラスSV2」2006年より算出。高速道路料金は『道路時刻表 '06～'07』より算出。燃料費は1ℓ144円とし、普通乗用車で燃費10km/ℓとして算出。

(20) 阿井、2001年、p.25。

(21) 阿井、2001年、p.52。



上表のように、1人であれば、自動車は時間・価格ともに新幹線に負けるが、価格は同乗者が増加することによって減少し、4人が同乗する場合には新幹線の1/3のコストに減少する。したがって、1人で移動する場合と同乗者が存在する場合に時間価値との関係が大きく変化するものといえる。レジャー目的の交通機関の利用は目的地に代替性があるため、地点間の潜在需要というものにはそぐわないので無視をする<sup>(22)</sup>としても、その他においても同乗者が存在する場合も多く存在し、同乗者が存在する場合での価格コスト低減は無視できないものである。この同乗者数をどのように決定するかであるが、国土交通省において「道路交通センサス」を実施しているので、このデータを利用すればよい。このデータ<sup>(23)</sup>によると、平均乗車人数は約1.6~1.8人となっている。したがって、燃料費+料金を平均乗車人数1.7程度で除すことによって、他の交通機関の費用との比較ができるものとして考えられる。平均燃費については、常識的なレベルとして10km/l程度を考えればよいものと考えられる（これは第3の問題に関連する）。

第3の問題として、交通手段である自動車の取得費用と維持費用をどのように交通費用に転化もしくは付加するかという問題が存在する。取得費用から言うと高級車と軽自動車を同一に考えるのもおかしな話であり、自動車の選択についても個人の趣味的な部分が存在する。維持費用についても、税金ひとつ採っても車種により大きく異なり、メンテナンス間隔も自動車保有者の感覚や利用頻度によって大きく異なり、一般的な数値というものが非常にとりにくいものである。また、自動車の各種費用については、自動車を利用しなければならぬ所有者でも自動車はなくてもかまわないという所有者でもかかる費用であるので、絶対的な数値が取りにくいという傾向を有している。したがって、これらの費用については、それぞれの趣味的費用にあたる部分が大きいため、これらの費用を交通費用として考えるべきではないとしてもよいであろう。

### 3. 結語

MDモデルは、わが国において交通需要予測に用いられる一般的な四段階推定法の欠点を補っている。しかし、上述してきたように実際の交通需要予測作業に供するためには、

(22) 塚原、1971年、p.203。

(23) <http://www.jice.or.jp/census/census2/p14.html>による。

MDモデルの時間・費用の考え方には問題があることを指摘した。

まず、問題点(i)であるが、各種交通機関の時間・費用による交通機関の利用動向は、TXの例で述べたように効用・マイナスの効用の変化によって大きく変化することが確認された。そのため、交通需要予測で用いられる交通機関の時間・費用については単純なものではなく、厳密に評価されたデータが必要であり、そのことがより精度の高い交通需要予測につながるものと考えられる。

問題点(ii)については、これもTX開業に関連した高速バス下り線の例等で述べたように、時間・費用では表しにくい効用・マイナスの効用が存在し、その影響により利用動向が変化することが明らかになっている。また、マイカーでは運転による疲労なども存在する。したがって、交通需要予測には、それらの効用・マイナスの効用を組み込む必要がある。

問題点(iii)については、2-1で述べたように、各交通機関の輸送力について勘案し、適正な輸送力を確認した上で、交通需要予測を行うべきであると考えられる。

本稿で確認したように、交通需要予測を行うにあたっては、交通機関の決定要因についてさまざまに検討すべき要素がある。それは、乗り換え・頻度などのように、効用・マイナスの効用を簡単な形で取り入れにくいものや疲労のように数値化することが困難なものがあるが、それらの要素は、交通機関の利用選択に影響を与えることが明らかであり、できる限り取り入れた形に交通需要予測モデルは構築されるべきである。

#### 参考文献

『北海道における道路事業の費用便益分析手法に関する研究』社団法人北海道開発技術センター技術資料  
Vol.22, 2000年

澤喜司郎『交通計量経済学』成山堂書店、2000年

塚口博司・塚本直幸・日野泰雄『交通システム』国民科学社、1996年

土木学会編『交通需要予測ハンドブック』技報堂出版、1981年

石井一郎編著『交通計画』森北出版、2000年

小淵洋一『現代の交通経済学』中央経済社、1993年

赤木新介『新 交通機関論』コロナ社、1995年

阿井信孝『マイカー利用者の特性分析』運輸調査局、2001年

月刊誌『運輸と経済』運輸調査局

月刊鉄道誌『鉄道ピクトリアル』電気車研究会

月刊自動車誌『カーグラフィック』二玄社