

# 端末公共交通の輸送分担領域を表した輸送モデルの輸送適正に関する研究

A study on a transportable share model of public transportation systems

野口 健幸\*

Takeyuki Noguchi

## 1. はじめに

東京都市圏郊外地域では、宅地開発に伴う交通施設整備が十分に行われていない。そのため朝の通勤通学時間帯では、自宅と最寄駅までを結ぶ端末交通は駅を中心として慢性的な混雑を引き起こしている。しかしさらなる宅地開発の進行により、人口密度が現在より増加したとしても、交通施設整備には長い期間を要するため、現状では多数の地域で端末交通の混雑を大きく緩和することが困難である。慢性的な混雑を引き起こしている原因は、端末交通の需要量と公共交通の供給力との関係がバランスを欠いていることに由来する。

そこで本研究では、需要量と供給力との輸送適正について、端末公共交通の輸送分担領域を表した輸送モデルを作成し、そのモデルをもとに実証分析を行う。このように簡易なモデル作成をして端末公共交通の現状について説明することは、混雑緩和のために土地利用の規制・誘導ならびに交通施設の整備といった政策の判断基準などに用いられると考える。

## 2. 端末公共輸送モデルの定式化と輸送適正

### (1) 既存の研究とモデルの前提条件

本研究のモデルの原形は、都市解析において奥平<sup>1)</sup>が提案したものである。奥平のモデルでは通勤時の交通手段を車のみで考案していた。しかし今日の東京都市圏では公共交通の利用を前提として成立しているため、このモデルを公共交通輸送に適用することが求められていた。

本研究は東京都市圏郊外地域における既成市街地での朝の通勤通学時間帯を想定した。対象地域は中心に駅を配置した円形の仮想地域とし、居住者は公共交通機関を利用して駅へ向かう。人口密度は一様に分布し<sup>1)</sup>、この円形地域以外からの人口の流入は存在しないと仮定した(図-1)。

### (2) 必要道路幅員の算出

仮想地域において公共交通の利用に必要な道路幅員を計算により算出する(これを必要道路幅員とする)。その

求め方は以下に記述する。仮想地域の半径を $r$ 、道路幅1 mの1時間当たりの輸送力を $C$ 、人口密度を $\rho$ 、夜間人口に対するピーク1時間の通勤通学時の端末バス利用者率(以下「利用者率」と略す)を $p$ 、駅までの必要道路幅員を $R$ とする(図-1)。外周リングから駅へ向かう距離を $x$ とし、 $x$ についての積分方程式をたてると式(a)のようになる。

$$\rho p \int_0^x \{2\pi(r-x) - R(x)\} dx \leq CR(x) \quad (a)$$

$R(x)$ : 外周リングからの距離を表した必要道路幅員  
ここで式(a)を等式として解く<sup>1)</sup>と式(b)式になる。

$$R(x) = 2\pi \left[ \left\{ r + c/(\rho p) \right\} \{1 - \exp(-\rho p x/c)\} - x \right] \quad (b)$$

### (3) 計画道路幅員の算出

実際地域で計画しているの標準的な道路計画を道路幅員に換算し(これを計画道路幅員とする)、その考え方は以下に記述する。郊外地域での幹線道路は、格子状に配置したものが一般的である。幹線道路の密度は、多くの用途地域が住居地域となっている関係で、1 km 間隔の配置計画が標準となる<sup>2)</sup>。実際には未完成の幹線道路が多いが、本モデルでは現状の幹線道路網が完成した場合の標準的な配置構造を考えた。その場合、駅の配置は駅へ直結する道路容量が最大となる交差点に配置する。この場合、駅に直結する道路は4本となり、この駅に直結する道路が供給力の限界値となる(図-1)。

### (4) 数値代入

ここで式(b)を、図示するため具体的な数値を代入する。駅勢圏(仮想地域の半径) $r$ を2 km、輸送力 $C$ の値をバス1台の定員の80人とし、バスを1時間当たり30本の運行で道路幅員を3 mと基準化すると、道路幅1 m 当たりかつ時間当たりの輸送力は800(人/時)となる。人口密度 $\rho$ を80人/ha 第1種低層住居専用地域の計画人口密度)として、利用者率 $p$ を0.2<sup>3)</sup>とする。以上の条件より必要道路幅員(30本/時)は図-2に表せる。これは外周リングから中心部に向かって必要道路幅員が増加する推移を表している。計画道路幅員は外周リングから1 km 地点で急激に減少する(格子状の道路のため)。実際には必要道路幅員が計画道路幅員を越える幅員となると供給

キーワーズ 公共交通計画、交通計画評価  
\*正会員 都修 横浜市 〒231-0014 横浜市中区港町1-1  
E-mail takeyu@yhb.att.ne.jp

力が不足することになり混雑が発生することになる。混雑が発生する部分ではバス輸送が飽和し、端末公共交通の輸送が不適正輸送になっている。

\*用語の定義として本論文では、図-2の結果を踏まえて、不適正輸送とは駅へ直結する道路上で、必要道路幅員>計画道路幅員の場合とし、適正輸送とは必要道路幅員≤計画道路幅員の場合とする。

バス 30 本/時の場合における不適正輸送を適正輸送へと改善するためには、公共交通の供給力を増加することが必要になる。計算した結果、供給力をバス 60 本/時にすると、概ね必要道路幅員と計画道路幅員とが一致した(図-2)。

ここで徒歩圏の関係を整理する。例えば駅から 500 m を徒歩圏とした場合、必要な道路幅員は外周リングから 1500 m までの円周リング距離が計算対象とすることになるが、バス 60 本/時の条件で計算した結果、外周リングから 1500 m と中心部とでは、必要道路幅員は約 0.6 m 程度しか変わらない。図-2 の必要道路幅員の推移より、徒歩圏を広い範囲で設定しない限り、必要道路幅員は大きく変わらない。そこで本研究では徒歩圏を考慮しないことにした。

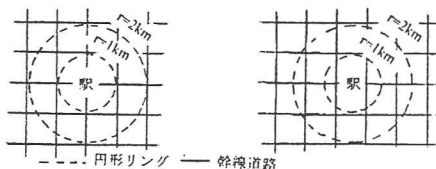


図-1 円形地域モデル 図-1b 円形地域モデルb

- バス60本/時(必要道路幅員) = 計画道路幅員
- - - バス30本/時(必要道路幅員)

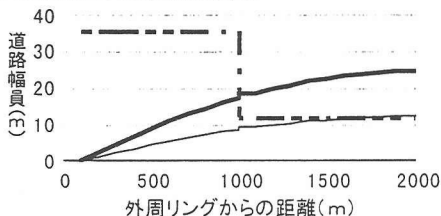


図-2 必要道路幅と計画道路幅員との関係

#### (5) 駅勢圏と人口密度と輸送力の関係式

ここでは適正輸送について検討した。計算には必要道路幅員=計画道路幅員とし、式(b)で  $r=x$ 、 $R(x)=12$  を代入することになる。式(c)数値代入により近似式を導くと、式(c)および図-3となる。数値代入の方法は  $\rho$ 、 $c$  に様々な数値を代入し  $r$  を求める。式(c)に代入した輸送力と人口密度と駅勢圏の数値は以下のものを用いた。輸送力  $(c)$  は 100 人/時～3300 人/時とし、人口密度は郊外部の低密度から高密度までの市街地を対象とできるよ

うに、10 人/ha から 160 人/ha で 10 人/ha とに設定した。

$$r \approx 1.955 \sqrt{\frac{C}{\rho}} \quad (c)$$

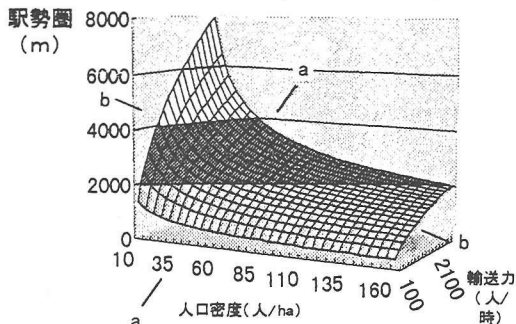


図-3 駅勢圏と人口密度と輸送力との関係式

表-1 輸送力と人口密度 上段：人/時、下段：人/ha

|      | 車   | バス 30 本/時 | バス 60 本/時 | バス 90 本/時 | モ/レール |
|------|-----|-----------|-----------|-----------|-------|
| 輸送力  | 300 | 800       | 1600      | 2400      | 3300  |
| 人口密度 | 40  | 80        | 120       | 160       |       |

#### (6) 開発の進行における適正輸送の推移

図-3 を実地域状況に応じて説明するため、a-a 断面と b-b 断面で表-1 の条件で表したものが、図-4 と図-5 である。図-4 は人口密度が一定の場合に、輸送力を増加したときの適正輸送となる駅勢圏の推移を表した。これは輸送力を増加しても駅勢圏は大きく広がらないことを示している。

図-5 は同一輸送力の場合に、人口密度が増加すると適正輸送となる駅勢圏が減少する推移を表した。特に人口密度が低い市街地調整区域内における開発の進行については、適正輸送となる駅勢圏が大きく減少している。現状よりも人口密度が増加した場合、バスの輸送本数を増加すれば適正輸送が維持できるが、端末バスの輸送本数には限りがある。また輸送力が増加することは原点に対して凸の曲線が平行移動することに対応している。

図-4 および図-5 からでは、人口密度が多くなると輸送力を多少増加しても駅勢圏は大きく広がらない。そのため駅勢圏が広くかつ人口密度が高い地域では、輸送力を増加したとしても改善効果はわずかであり、不適正輸送になる。また人口密度が住居地域の計画人口である 80 人/ha 実際の端末バス最大運行本数の 60 本/時を組み合わせると、そのときの駅勢圏は約 2 km となり、曲線の推移(図-4 と図-5)より駅勢圏の範囲に限界があることになった。

#### (7) モデルのキャリブレーション

図-2 のような不適正輸送の解決策は、輸送力を増加することの他に計画道路幅員を増加することが考えられる。ここでは(例えば放射型道路構造とするような現行の標

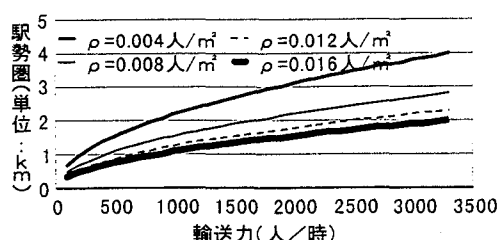


図-4 人口密度が一定の場合

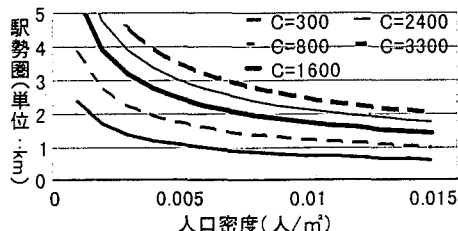


図-5 供給力が一定の場合

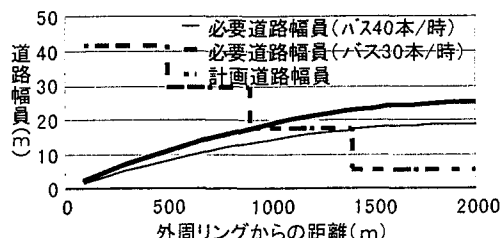


図-2b 必要道路幅員と計画道路幅員

準的な幹線道路計画を変更してまで道路本数を増やすことは現実的でないため、検討は行っていない)、現行の格子型道路構造を標準としつつ、図-1bのように中心となる駅位置を変更した配置の検討を行った。図-2bは図-2のような計画道路幅員と必要道路幅員との幅員の推移を表したものである。図-2bでは駅から500mは計画道路幅員が小さいため、常に混雑していることを前提とすると、駅から500mの地点が供給力の限界値となる。この条件において計算した結果、バス40本/時の運行の場合で必要道路幅員と計画道路幅員がほぼ一致し、このモデルでは適正輸送となる。駅の中心の配置および供給力の限界値の設定は、図-3～図-5に示した曲線の推移は変わらず、これらの曲線が平行移動することに対応することになる。

### 3. 不適正輸送

3章では必要道路幅員>計画道路幅員の場合となる不適正輸送について検討を行う。なお円形地域モデルは図-1を採用した(R=12)。

#### (1) 定式化と数値代入

式(b)を $r \neq x$ 、 $r > x$ として式(c)と同様に数値代入を用いると式(d)のような近似式となる。

$$x = 3.82 \frac{C}{\rho} \frac{1}{r} \quad (d)$$

ここで式(d)を表すために数値代入を行った。数値代入の設定は図-3～図-5と同様であり、図-6～図-7に表した。

このモデルでの居住者は、より外周リングに近い側に住んでいる居住者が優先して公共交通機関を利用できる。そして現状の交通輸送量が限界量になった時点で、以降の中心部側の居住者は適正な移動ができなくなる。

図-6と図-7は輸送力や人口密度の増加に伴い、公共交通が不適正輸送となる境界の推移を表した。これらの図では原点に対して凸の曲線の左側部分は公共交通機関が利用可能となる領域であり、右側の部分では公共交通機関が利用不可となる領域である。例えば図-6では駅勢圏が1.9kmでC=1600(バス60本/時)のときは中心から全ての居住者がバスに乗れるが、駅勢圏が2.3kmになると外周リングからの距離が1600mまでの居住者がバスに乗れる。すなわち中心部側から外周リングへ700mまでの居住者はバスに乗れなくなる。

このように同一の供給力のもとで駅勢圏の拡大は輸送量の限界値を越えると、中心部に近い居住者から順に公共交通が利用できなくなり、この境界が原点に対して凸の曲線で表せることが明らかになった。この曲線は不適正輸送となった場合でのさらなる駅勢圏の範囲の拡大は、公共交通を利用できなくなる範囲が中心部より増加することになり、この推移を示していることになる。

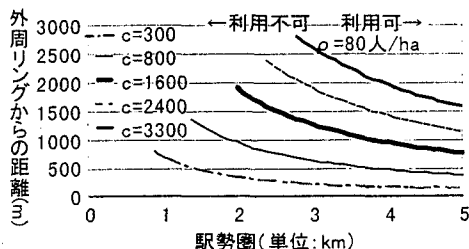


図-6 輸送力変化の推移

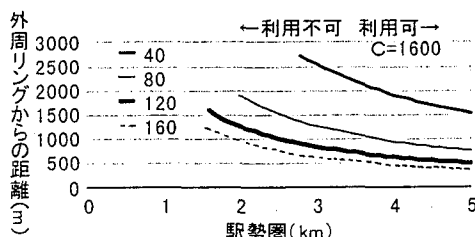


図-7 人口密度の変化推移

#### (2) 利用者率の推移

3章(1)では不適正輸送の場合について、公共交通の利用が不可能となる範囲の広がりを表したが、実際には公共交通機関の効用の低下のため、利用者率が低下することになると推測できる。そこで利用者率を可変として式

(c)を展開すると、式(e)となる。また式(e)に $c=1600$ 人/h、 $\rho=80$ 人/haを代入し、図示すると図-8となる。

$$p=2.4 \frac{C}{N} \quad N=\text{人数} (\rho \pi r^2) \quad (e)$$

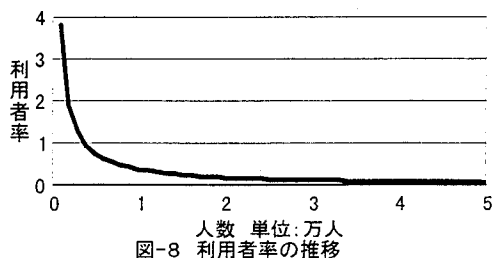


図-8 利用者率の推移

#### 4. 実際の例

##### (1) 利用者率の推移

4章では横浜市郊外地域での実例をもとに本モデルとの相違について、比較検討を行った。

横浜市郊外地域では、バスの運行本数とバス勢圏（バス停から約300の範囲）と間に、相関関係が得られた（図-9）。またこれはバス勢圏人口が増加すると、それに伴い利用者率が低下することを示したものである（図-10）。つまり3章(2)のように公共交通の供給力の不足に伴い、利用者率が低下し不適正輸送となっている。また図-10で回帰曲線よりも利用者率が低い位置にある地域では、バス利用の効用が相対的に低いことになる。

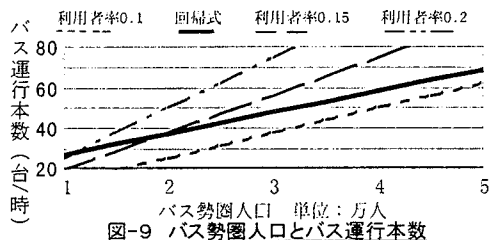


図-9 バス勢圏人口とバス運行本数

$$r = 0.767 \quad \text{標本数} = 15$$

$$p = 14.1N^{-0.459}$$

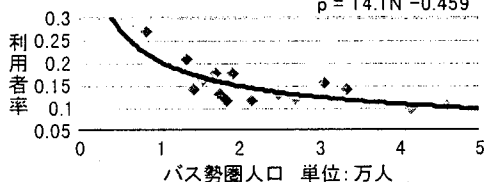


図-10 利用者率の相違

##### (2) モデルの適用

本モデルによって得られた結果（計算値バス60本/時とバス30本/時）と、4章(1)の利用者率（実測値）について表したものが図-11である。図-11での利用者率は人口数に比べて概ね実測値の方が計算値よりも高いことが判明した。計算値では適正輸送を前提としているため、

実測値における利用者率の低下が計算値の値まで低下しない理由は、対象地域が不適正輸送となっていることになる。

つまり実際地域では、利用者率の数字の低下はその数値以上に不適正輸送が拡大していることになり、端末交通が深刻な状況となっていると推測できる。

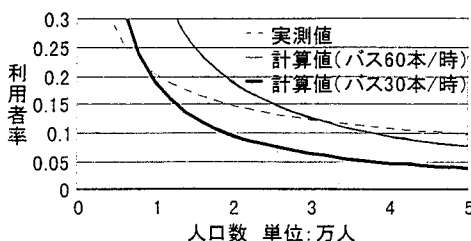


図-11 計算値と実測値

#### 5. おわりに

本研究は、端末公共交通の輸送領域を需要量と供給力との関係から理論的なモデルを作成し（式c）、そのモデル理論をもとに実証分析を行った。その結果、次の3つの事柄について明らかにした。

- ① 駅勢圏が広くかつ人口密度が80人/haを越える地域では、輸送力をわずかに増加することによる対策では、混雑緩和の効果が小さいこと（図-4、図-5）、
- ② 混雑による輸送不適正となる場合について、モデルでその考え方を表したこと（図-6～図-8）、
- ③ 実際地域における利用者率の低下は輸送不適正を引き起こしていること（図-11）、

今後は利用者率の数値を実際状況と照らし合わせることで、人口密度の相違をモデルに組み入れることがある。

#### 【補注】

- (1) 駅勢圏の大きさは数kmであるため、始めは単純化を行い人口密度を一定と仮定した。
- (2) 輸送力の計算については、例えばバス30本/時とは、外周リングから発生したバスが、最終的に駅へ直結する道路での運行本数である（バスは駅へ向かうにつれて合流する）。交通輸送形態は全て場合で道路幅員を3mと基準化し、表-1は幅1m当たりの輸送力に換算した数値である。車の輸送力は、1人1台に乗車しているものとして都市部における2車線道路の時間当たりの交通量から算出した。それによると283人/時となるが計算には300人/時を用いた。モノレールは4両編成の複線モノレールとすると約1万人/時の輸送力になる。その場合輸送力は3333人/時となるが計算には3300人/時を用いた。またこの輸送力はバス120本/時と同様であるが、本研究では交通形態を特定していない。なおバスを1時間当たり何本運行しても、バスが通れる道路車線は最大でも1車線をバスレーンとする施策しか行えず、バス運行本数の増加に対して道路幅員が広がることはない。

#### 【参考文献】

- 1) 奥平耕造 都市工学読本 pp.20～41 彰国社
- 2) (社)日本都市計画学会 都市計画道路の設計基準
- 3) 野口健幸 (1998) 「鉄道端末バスの輸送分担領域に関する基礎的考察」 土木計画学会学術講演集第21号 pp.495～498