

トランスポーテーション・ギャップの存在領域に関する基礎的研究*

Does Transportatopn Gap really exist?*

谷口 守** 石田東生*** 黒川 洸****

By Mamoru TANIGUCHI**, Haruo IHIDA*** Takeshi KUROKAWA****

1. はじめに

現代の都市には、徒歩、自転車、自動車、バス、新交通システム、高速鉄道など様々な交通手段がある。これら各種交通手段はその容量や使える範囲などで、それぞれに異なった特徴を備えている。例えば、徒歩や自転車では快適に運転できる限界があるため、それほど遠くまでいくことはできない。また、自動車は公共交通機関と比較して、それほど多くの人を運ぶことができないと言われている。一方で、大量の需要が無ければ、高速鉄道などの公共交通機関を運営していくことは不可能である。

現在までの交通手段に関する研究では、主に最大容量という観点からその守備範囲¹⁾に言及されることが多かった。また、容量の範囲内で運べる旅客数と、各トリップ主体のトリップ距離の関係から、図-1に示すような既存の交通手段ではカバーのできないトランスポーテーション・ギャップが存在することも概念的に指摘されている²⁾。

本研究ではこれら既存研究の成果をふまえ、各交通手段の守備範囲を都市の形態と関連づけて検討する。具体的には、

- 1)各種交通手段が、どの程度のトリップ需要、及び規模を有する都市に対応可能かを仮想都市を前提に理論的に検討する。
- 2)それらの計算結果をもとに、既存の交通手段ではどのような特性を持った都市に対して対応が不十分であるか、トランスポーテーション・ギャップを検出する。

* キーワーズ：交通手段、トランスポーテーション・ギャップ
都市形態、公共交通、交通需要

**正員 工博 岡山大学環境理工学部
(岡山市津島中2-1-1)

***正員 工博 筑波大学社会工学系

****正員 工博 東京工業大学大学院総合理工学研究科

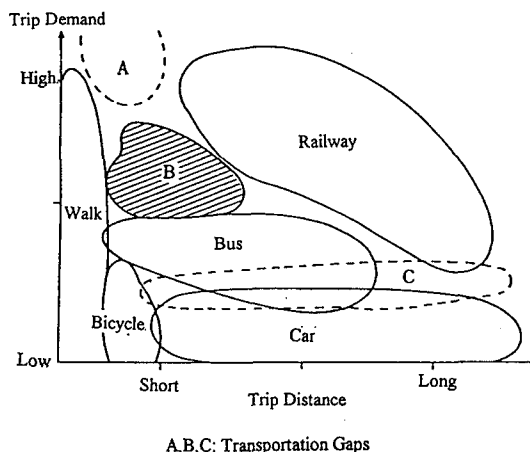


図-1 トランスポーテーション・ギャップに関する一般的考え方 (文献2)より転載)

2. 本研究の前提

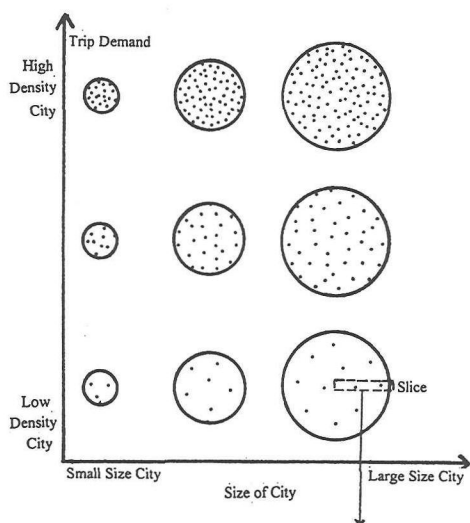
(1)都市形態の想定

どのような交通手段がどういった都市に提供できるかを検討するために、本研究では都市側の特性として、「都市のサイズ」と「都市の密度」という二つの特性を考える。問題を簡単にするために、都市空間内の居住密度は均一と仮定する。具体的には図-2に示す平面上の位置で、各都市の特徴が表現できる。

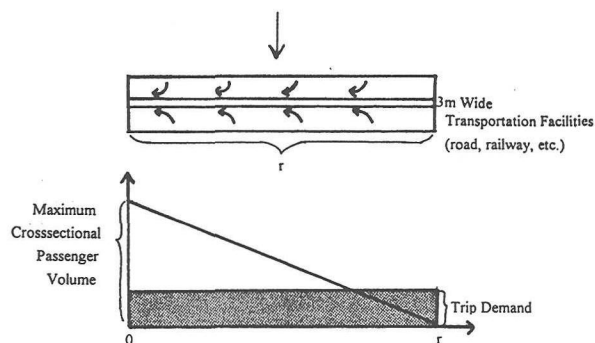
さらに、本研究では各都市から図-3に示すようなコリドールを切り取り、周辺の居住者が都心にすべて通勤するとした場合に成立可能な交通手段を考える。この際、都市のサイズは各交通手段の「路線長」、都市の密度は「トリップ需要」として表現する。この「路線長」と「トリップ需要」がつくる平面上において、各交通手段が成立可能な範囲を明らかにする。

これら分析の前提を整理すると以下ようになる。

- 1)単一中心で居住密度が均一(トリップ需要はどこ



図ー2 「都市のサイズ」と「都市の密度」に着目した都市の類型化



図ー3 本研究で前提とする線形都市とトリップ需要

でも一定)な線形都市(最大半径20km)を前提とする。

- 2)居住者のトリップはすべて各居住地と都心を結ぶものであり、想定する交通手段のみを利用する。
- 3)想定する交通手段(施設)は都心から都市の端まで整備される。また、その幅は3mとする。(幅3mは、ほぼ道路1車線分であり、新交通システムや鉄道の必要幅とも近いことからこの値を採用した。)
- 4)鉄道やバスのターミナルの位置は特定せず、どこからでも乗降できると考える。
- 5)以上のことから、どの交通手段においても、都心の直近においてその断面交通量は最大になる。

(2)各交通手段の成立可能性の判定

また、本分析で対象とする交通手段は、徒歩、自転車、自動車(小型乗用車)、バス、新交通システム(中量軌道)、鉄道の6手段とする。

これらの各手段ごとに、(1)で述べたトリップ需要(需要密度)(人・ピーク1h・km)と路線長(km)の2軸で構成される平面上にそれぞれの手段が成立可能性な範囲を特定する。具体的には、以下に述べる輸送可能容量、採算性、限界利用距離の点から検討する。

- 1)輸送可能なトリップ需要(上側ライン):都心の直近で容量いっぱい最大断面交通量を達成する輸送を行ったときに、その路線長における最大輸送可能な需要密度
- 2)採算限界トリップ需要(下側ライン):バス、新交通システム、鉄道など採算が問題となる交通手段において、運営できる収入が確保できるだけのピーク1時間に必要な需要密度
- 3)限界利用距離(鉛直ライン):徒歩、自転車など体力的な観点等からその利用距離に限界があるものの。

このうち1)の輸送可能なトリップ需要を求めるためには、まず3m幅における最大断面交通量を求める。その数値をもとに、仮定した都市規模の場合の、輸送可能なトリップ需要(上側ライン)を算出する。

3. 各交通手段ごとの成立可能範囲

(1)徒歩

①輸送可能なトリップ需要

本分析では既存資料等から、歩行者1人当たりの必要スペースを1㎡、歩行速度を5(km/h)として考える。幅3mにおける1時間の最大断面交通量は、 $1 \times 3 \times 5,000 = 15,000$ (人/3m・h)となる。

先述した仮定より、1)最大断面交通量は都心の直近において実現する。2)都心から都市外縁までどこでもトリップ需要は一定と考えている。このため、最大断面交通量を道路長(都心から都市外縁までの距離に相当)で割ったものが各都市規模における輸送可能なトリップ需要となる。(この考え方は以下すべての交通手段で同様である。)

②限界利用距離

徒歩による移動は個人の属性や周辺環境、天候に

も大きく左右されるため、ここでは実際のトリップ（昭和53年の東京都市圏パーソントリップ調査結果）を参考とした。具体的には、時速5(km/h)で36分歩いた時の歩行距離3kmを限界利用距離とした。

(2) 自転車

①輸送可能なトリップ需要

既存研究⁴³より、平均的な自転車の走行速度12(km/h)の時、その車頭距離は5mであることが求められている。道路構造例関連の資料⁵¹をもとに、自転車1台が必要な幅を1mと考えると、3m幅における自転車の最大断面交通量は、 $3 \times 1 \times 12 \times 1,000 / 5 = 7,200$ (人/3m・h) となる。

②限界利用距離

パーソントリップ調査の結果から、自転車の利用距離は100mから8km程度と考えることができる。

(3) 自動車（普通自動車）

①輸送可能なトリップ需要

既存研究⁶³より、自動車の都市における平均旅行速度として、本研究では25(km/h)を採用する。さらに、自動車1台あたり走行に必要な長さ、車頭距離を以下の式⁷⁷を用いて算定する。

$$\text{車頭距離} = \text{車長(m)} + l + 0.278V + 0.00394V^2/f$$

ここで、 l = 車両停止時の前車との余裕長(m)

V = 速度(km/h) f = 摩擦係数

である。それぞれ、車長=4.7m、 $l=2$ m、 $V=25$ (km/h)、 $f=0.5$ として計算を行なうと、車頭距離は約19mとなる。また、車1台あたり5人が乗車したとして、1車線(3m)あたりの最大断面交通量は、 $25 \times 1,000 \times 5 / 19 = 6,578$ (人/3m・h)となる。

②限界利用距離

自動車での移動は個人の体力や天候に左右されないものと考え、移動の限界距離の上限は存在しないと考える。この逆に、500m以下の自動車トリップは非常に少ない事が示されている。本研究では、自動車の利用距離は500m以上無制限であると考ええる。

(4) バス

①輸送可能なトリップ需要

本研究では、実際のデータを参考に、13(km/h)を

バスの表定速度として採用する。また、自動車と同様の車頭距離算定式から車頭距離の計算を行なうと、約19mとなり、1時間当たり通行可能なバス台数は、 $13 \times 1,000 / 19 = 684$ 台になる。しかし、この計算結果で議論を進めると、約5秒間隔でバスが到着するために乗客を扱う時間は存在しない。本研究では、客扱いを含め、運行間隔を1分当たり1本とし、1時間に60本の運行が可能なものとして考察を進める。1台当たりのバス定員を65人と考えると、 $60 \times 65 = 3,900$ (人/3m・h)が最大断面交通量となる。

②採算限界トリップ需要

経営収支モデルを提案し、前述の最大限可能と思われる運行本数を実現した場合に必要な乗客数を検討する。経営収支モデルは大きく1)運行計画ブロック（表-1）、2)必要経費算出ブロック、3)必要利用者算出ブロックより構成される。

③限界利用距離

②の計算結果より、路線長がある点を超えると、採算限界トリップ需要が、輸送可能なトリップ需要を上回ることが判明した。よって、この点が現在のバス運行形態における限界利用距離といえる。一方、パーソントリップ調査の結果より、2kmがバス利用の最短距離であると考ええる。

表-1 運行計画ブロック（バス）

項目	記号	数値式
路線長(都市規模)	r	
速度	v	13(km/h)
1°-7時運行本数	pn	60
7時-17時運行本数	opn	20
1回転所要時間	prh	$(2r/v) \times 60 + 6^{43}$
必要車両数	tn	$prh / (60/pn) \times 1.2^{43}$
運行時間	oh	17hour
1°-7時総運行本数	tpn	$pn \times 2$
7時-17時総運行本数	tprn	$opn \times (oh-1) \times 2$
総運行時間	toh	$prn \times (tpn+tprn)/2$
必要運転手数	drv	$toh/271^{43}/0.8^{43}$
要員数	wp	$drv/0.74^{43}$
年間総運行キロ	yok	$r \times (269^{73}) \times (tpn+tprn) + 96^{43} \times 0.7^{43} \times (tpn+tprn)$
a)折り返しに必要な時間 b)予備車両率 c)一人当たり運転時間 d)予備運転手率 e)運転手の総要員に対する割合 f)年間平日日数 g)休日日数 h)休日運行本数に対する休日本数の割合		

(5) 新交通システム

①輸送可能なトリップ需要

神戸新交通（ポートアイランド線）を参考に検討

を進めた。1列車定員は446人、最小運転間隔は2.5分まで短縮可能である。また、路線の幅は3.6mある。これら資料より最大輸送可能な乗客数は、 $446 \times 60 / 2.5 \times 3 / 3.6 = 8,920$ (人/3m・h) となる。

②採算限界トリップ需要

バスの経営収支モデルに建設費算出ブロックを加えたモデルで検討を行った。

(6) 鉄道

①輸送可能なトリップ需要

日本の大都市における主に通勤用鉄道を参考に、1時間あたり最大運行可能列車数を30本、列車の構成は140人定員の車両が10両編成、鉄道1線当たりの必要幅を4mとして最大断面交通量を求めると、 $140 \times 10 \times 30 \times 3 / 4 = 31,500$ (人/3m・h) になる。

②採算限界トリップ需要

基本的に新交通システムの場合と同様のモデルフレームで、建設費はキロ当たり100億円を想定した。

③限界利用距離

採算限界トリップ需要が輸送可能なトリップ需要を越えるのは都心から20km以遠であった。

4. トランスポーターション・ギャップの検討

本研究において算定された交通手段の輸送範囲を組み合わせ、トランスポーターションギャップの考察を行なう。各交通手段の輸送範囲は、図-2に示す。この図より、以下のことが考察できる。

- ①近距離高密度の需要を満たす手段が不足している。
- ②新交通システムは、バスと鉄道の間にあるトランスポーターションギャップの解消に寄与している。しかし、鉄道と新交通システムの間に、依然としてギャップの存在が認められる。
- ③長距離、低密度の需要に対応できる公共交通機関は存在しない。
- ④交通機関には、採算に必要な乗客密度が輸送可能な乗客密度を超えてしまう、輸送範囲の限界となる路線長が出現する。

5. 結論および今後の課題

以上のように、本研究では都市の形態と関連づけて各交通手段の分担範囲を明らかにすることができた。また、トランスポーターション・ギャップの存

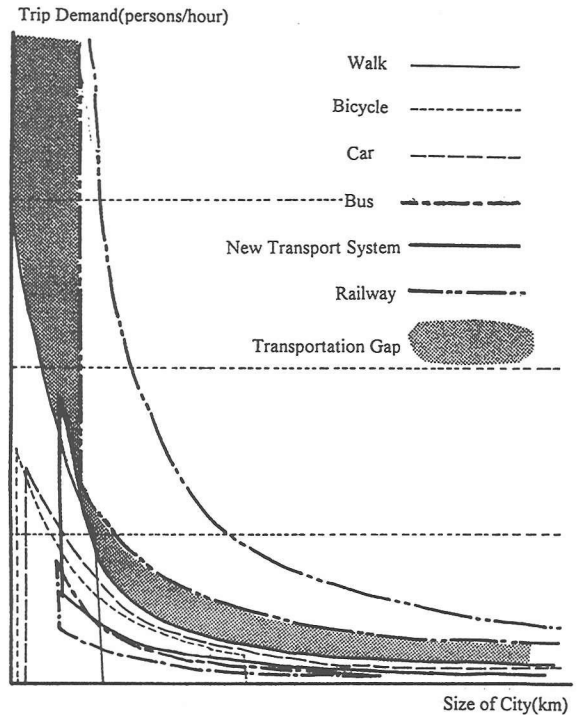


図-2 トランスポーターション・ギャップ

在範囲を具体的に明らかにすることができた。

今後の課題としては、現在のところ100%に固定している混雑率や、建設費・運営費等の補助を考慮した場合に各交通手段の領域とギャップの範囲がどのように変化するかを検討する必要がある。

また、本分析の作業に当たってはJR東日本の自閑泰直氏のご協力を得た。記して感謝の意を表す。

<参考文献>

- 1) V. R. Vuchic: Urban Passenger Transportation Modes, Ed. by G. E. Gray, L. A. Hael, Public Transportation, 2nd Ed., pp. 79-113, Prentice Hall, 1992.
- 2) 都市交通研究会編著：よくわかる都市の交通，ぎょうせい，1988.
- 3) 東京都市圏交通計画委員会：昭和54年度東京都市圏総合都市交通体系調査報告書，1980.
- 4) 交通工学研究会編：交通工学ハンドブック，技報堂出版，1984.
- 5) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，丸善，1983.
- 6) ibid. 4)
- 7) ibid. 4)
- 8) 日本バス協会：日本のバス事業，1991.
- 9) 天野光三編：都市の公共交通，技報堂出版，1989.
- 10) 土木学会編：交通整備制度，1991.