

# 鉄道駅集中型自転車交通の発生圏に関する空間的分析

## SPATIAL ANALYSIS OF BICYCLE USE WITH CYCLE AND RIDE TYPE

高 岸 節 夫\*

By Setsuo TAKAGISHI

### 1. ま え が き

自転車は明治初期にわが国に導入されて以来、現在まで連綿として利用されてきたが、近年の都市人口の増大や交通情勢の変化等を背景に、昨今は著しい利用の増加がみられている。昭和 48 年秋に実施された大阪市調査によれば<sup>1)</sup>、自転車利用の理由として、手軽さや短トリップにおける所要時間の優位性に関する点を挙げる者が非常に多い。今日の日常生活において、身近にある手軽な交通手段としての自転車の利便性が再評価されていることが理解される。世帯あたり自転車保有台数が昭和 50 年において全国平均で約 1.3 台に達している<sup>2)</sup>ことを考えあわせると、もし安全確保等に問題がなければ、自転車利用は今後もさらに増加を続けるものと推察される。

このような状況のもとに、住居から自転車で駅に出て鉄道に乗り換えるサイクルアンドライド (C & R) 型交通は、自転車交通のなかでもとくに顕著なトリップ数の増加を示しており、これに伴って、道路交通の輻輳、駅周辺の路上等における放置車の増加などの現象が招来されている。現在、多くの都市で自転車の安全利用促進の立場から、自転車道や置場等の整備を進めるべく諸対策が実施されているが、いずれも応急的対策にとどまっていると言っても過言でない状態にある。この原因の一つに整備計画に基本的指針を与えるような調査研究資料の蓄積が不足していることを指摘できる。本研究は鉄道駅にトリップの集中する C & R 型交通について、鉄道駅を中心として描かれる自転車トリップの発生圏の基本的パターンを明らかにすることをおもな内容とするが、従来この種の研究例は数少なく、C & R 型交通需要の推計、あるいは自転車道および置場などの整備計画策定の際の参考資料として寄与する点が多いと考えられる。

本文では、まず 2. において筆者らの調査結果から C & R 型交通の実態および特性に関して述べ、3. では自転車トリップの発生圏を徒歩およびバスとの競合関係においてモデル化して解析するとともに、その基本的なパターンを示し、4. では自転車置場の位置と料金の発生圏パターンに及ぼす影響について考察している。

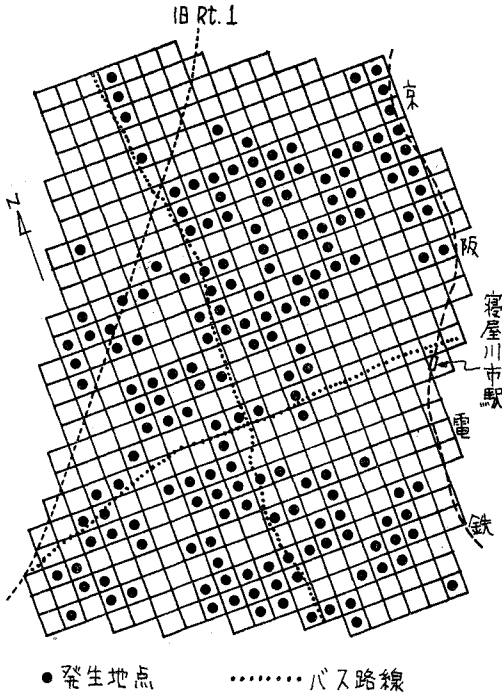
### 2. C & R 型交通の実態と特性

筆者らは昭和 50 年秋に京阪電鉄寝屋川市駅を中心として、利用者の多い寝屋川市西部地域を主対象に、調査票を入れた返信用封筒を駅周辺の無料置場に置かれた自転車にくくりつけ、後日記入ののち返送してもらう方法によって、主として自転車のトリップ経路に関する調査を実施した<sup>3)</sup>。本調査結果から、C & R 型交通の特徴をいくつか述べる。なお、くくりつけた調査票数は 2795 枚、回収数は 515 枚、回収率は約 18% である。

利用者の性別構成をみると男 74%、女 26%、利用目的構成は通勤 62%、通学 31%、その他 7% であった。男性による通勤・通学利用が自転車利用の主体となっていることがわかる。また、利用理由については、自転車の利便さを示す「自転車の方が早く着く」「時間的に自由がきく」「経済的に安上がり」を挙げる者が 73% に達し、「バスの便が悪い」18% を合わせると 91% となり、「健康増進によい」はわずか 7%、「その他」は 2% であった。

調査票の地図上に記入されたトリップ経路に関する分析から、トリップの発生地点 (利用者の住所)、トリップ経路、および発生地点と駅との間の直線距離と実経路距離との関係について示すと以下のようである (なお、経路分析対象地域内における有効データ数は 196 である)。まず、トリップ発生地点を図-1 に示す。図-1 は対象地域を一辺 100 m の正方形メッシュで分割し、発生地点を含むメッシュを黒点で表示したものである。

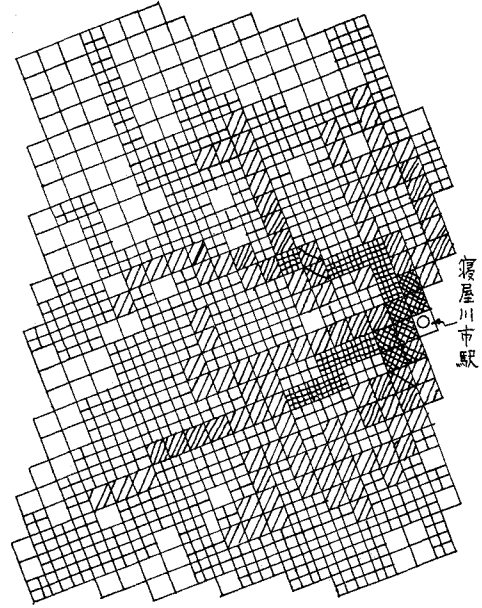
\* 正会員 工修 大阪府立工業高等専門学校・助教授



図一 メッシュ別トリップ発生地点

が、図から、一般的に広範な地域から発生していること、駅から比較的遠くにあるバス路線を含むメッシュにおいても発生していること、および駅を中心としたある半径の円内地域においては発生がほとんどないことが読み取れる。

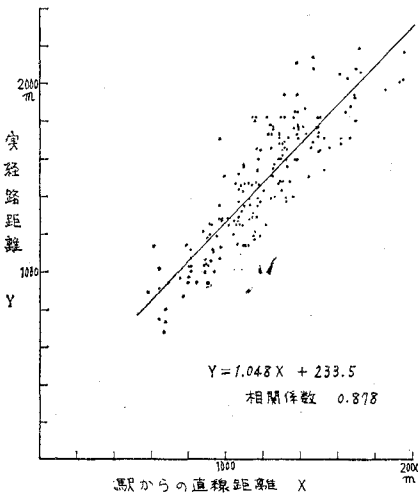
図二は記入された経路がそのメッシュを通過している本数を集計し、通過数（交通量）を6段階で表示したものである。通過数の多いメッシュほど黒色が濃く見えるようにしてあるが、これより自転車の利用するおもな道路が判別できる。図



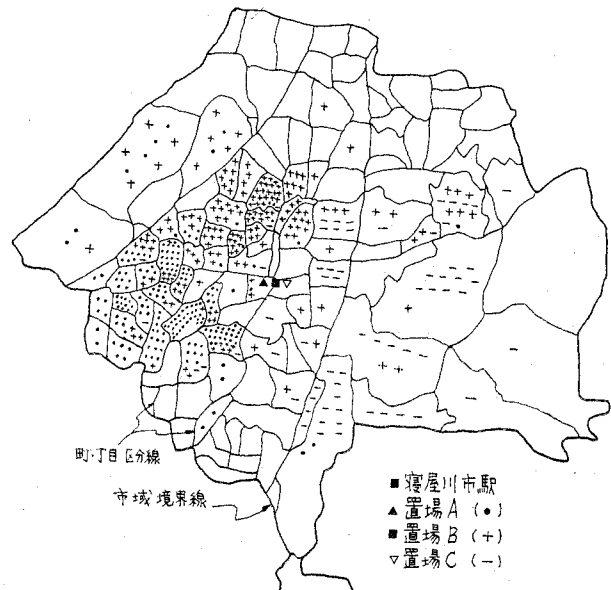
図二 メッシュ別トリップ通過数

二から鉄道駅への自転車の集中がツリー状となっていることが理解される。

図三に発生地点と駅との間の直線距離と実経路距離との相関関係を示す。相関係数 0.88 で正の相関のあることが認められる。図三に示している回帰式右辺第一項の係数は、直線距離の増分に対する実経路距離の増分が直線距離の増分よりもわずかに5%程度大きすぎないことを明らかにしているが、これから、トリップ経路の選択がほぼ直線的になされていることが理解され



図三 駅からの直線距離と実経路距離



図四 置場別町別発生地点

る。なお、回帰式の定数項がかなり大きい、これは駅近辺の地形のため、すなわち駅に隣接し鉄道線路と並行する河川が対象地域側にあるため、自転車利用者が駅近辺において迂回を余儀なくされていることによると考えられる。

ところで、筆者らは昭和 49 年秋にも、寝屋川市駅周辺の無料置場において、自転車に記入された住所を調べの方法によって発生地点を調査している<sup>9)</sup>(町名記入台数は 632 台、記名率は約 20%)。この結果を図-4 に示す。図-4 は自転車に記入された住所を行政町丁目区分に従って示すとともに、置かれていた置場を明らかにしている。発生地点が市域のほとんどにわたっていること、とくに駅の西方部で顕著であるが駅と市周辺部との中間地域に位置する町丁目からの発生が多いこと、および利用される置場が発生町丁目ごとにほぼ定まっていることが読み取れる。

### 3. 発生圏の基本的パターン

#### (1) モデルの前提

京阪神都市圏におけるパーソントリップ調査の分析によれば、出発地あるいは目的地と鉄道駅との間の 2 次トリップにおいて、その手段別構成 (%) は徒歩 81.5、二輪車 2.0、バス 13.3、自家用車 1.8、タクシー 1.3 となっている(昭和 45 年)<sup>9)</sup>。この数値でみる限り、C & R 型交通の 2 次トリップに占める比重は低く、自家用車とほぼ同率であるが、いわゆる自転車ブームの到来がこの調査後であること、自家用車利用に対する制約が近年ますます増加していることなどを考えると、今後は自転車の比重は自家用車をかなり上まわるものと予想される。

さて、本研究では上記の 2 次トリップ手段のうち、徒歩、自転車、およびバスの三者をとりあげることにする。また、これら三者の間の競合関係から C & R 型交通の発生圏が求まるものとする。そして、競合関係は単にそれぞれの手段が用いられた場合の所要時間と経費とによって説明されるものとする。

次節(2)においては、貨幣価値に換算した所要時間と経費との和を総費用と呼ぶことにしているが、ここで総費用を用いて「発生圏」の定義をしておく。すなわち「ある地点(住居位置)において、ある手段が他と比較して最小の総費用をもつ場合、その地点はその交通手段に関するトリップの発生圏内にある」として発生圏を定義する。

#### (2) 総費用モデル

徒歩、自転車、バスの三者の相互関係を時間-距離図

でみると、図-5 のような概略図が描かれる(図では住居から駅までの所要時間を三者等しくしてある)。

図-5 において水平部分は自転車については家および駅の置場における自転車

出し入れ時間、バスについては停留所におけるバス待ち時間を表わしている。自転車利用者は駅近くの置場から駅までは徒歩で行くものとしている。

いま、手段  $i$  について、始点(住居あるいはバス停)から終点(駅あるいは駅近くの自転車置場)までのトリップ距離を  $r_i$ (m)、その手段の表定速度を  $v_i$ (km/h)、その手段に関する走行時間以外の時間(以下、付加的時間と呼ぶ)を  $t_{i0}$ (分)で表わすと、全トリップ時間  $t_i$ (分)は式(1)のように書ける。

$$t_i = \frac{60}{1000 v_i} r_i + t_{i0} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $i$  が 1 の場合は徒歩を、2 の場合は自転車を、3 の場合はバスを意味するものとする。付加的時間は自転車とバスについてのみ考え、自転車については置場における出し入れ時間  $t_{21}$ (分)と駅近くの自転車置場から駅までの徒歩時間  $t_{22}$ (分)を、バスについてはバス待ち時間  $t_{31}$ (分)と住居からバス停までの徒歩時間  $t_{32}$ (分)を取り上げ、徒歩については  $t_{10}$  は零とする。駅近くの自転車置場から駅までの徒歩距離を  $d_2$ (m)、住居から最寄りバス停までの徒歩距離を  $d_3$ (m)で表わせば、付加的時間はそれぞれ次の各式で示される。

$$t_{10} = 0 \dots \dots \dots (2)$$

$$t_{20} = t_{21} + t_{22} = t_{21} + (0.06 d_2 / v_1) \dots \dots \dots (3)$$

$$t_{30} = t_{31} + t_{32} = t_{31} + (0.06 d_3 / v_1) \dots \dots \dots (4)$$

次に、単位トリップ距離あたりの月間走行費を  $c_i$ (円/km・月)、走行費以外の費用(以下、固定的費用と呼ぶ)を  $m_{i0}$ (円/月)で表わすと、月額経費  $m_i$ (円/月)は式(5)のように書ける。

$$m_i = \frac{c_i}{1000} r_i + m_{i0} \dots \dots \dots (5)$$

ここに、走行費は自転車についてのみ考えればよいため、 $c_1 = 0$ 、 $c_3 = 0$  である。固定的費用は自転車とバスについてのみ考え、自転車については月あたりの購入費(自転車購入費を耐用月数で除した)  $m_{21}$ (円/月)と置場料金  $m_{22}$ (円/月)を、バスについては定期乗車

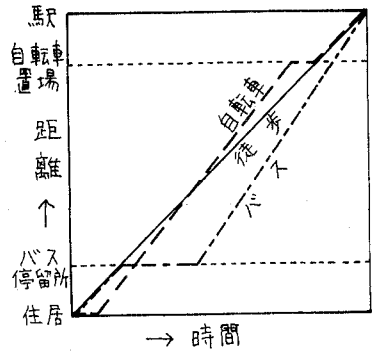


図-5 時間-距離図

券費  $m_{31}$  (円/月) を取り上げ、徒歩については  $m_{10}$  は零とする。

$$m_{10}=0 \dots\dots\dots(6)$$

$$m_{20}=m_{21}+m_{22} \dots\dots\dots(7)$$

$$m_{30}=m_{31} \dots\dots\dots(8)$$

ここで、式 (9) で示される  $M_i$  (円/月) を導入し、この  $M_i$  を総費用と呼ぶことにする。

$$M_i=50 \alpha t_i+m_i \dots\dots\dots(9)$$

ここに、 $\alpha$  は所要時間を費用に換算するための係数(時間価値、円/分)で、50 は月間の往復トリップ数である(C & R 型交通のほとんどは前述のように通勤・通学目的のものであるので、月間の通勤・通学日数を 25 日とし、これを 2 倍した)。式 (9) は式 (1) および式 (5) より、式 (10) のように書くことができる。

$$M_i=\left(\frac{3 \alpha}{v_i}+\frac{c_i}{1000}\right) r_i+50 \alpha t_{i0}+m_{i0} \dots(10)$$

したがって、徒歩、自転車、バスに関する総費用、 $M_1, M_2, M_3$  は式 (10) に、それぞれ式 (2) および式 (6)、式 (3) および式 (7)、式 (4) および式 (8) を代入すれば次のように書ける。

$$M_1=\frac{3 \alpha}{v_1} r_1 \dots\dots\dots(11)$$

$$M_2=\left(\frac{3 \alpha}{v_2}+\frac{c_2}{1000}\right) r_2+50 \alpha\left\{t_{21}+(0.06 d_2 / v_1)\right\}+m_{21}+m_{22} \dots\dots\dots(12)$$

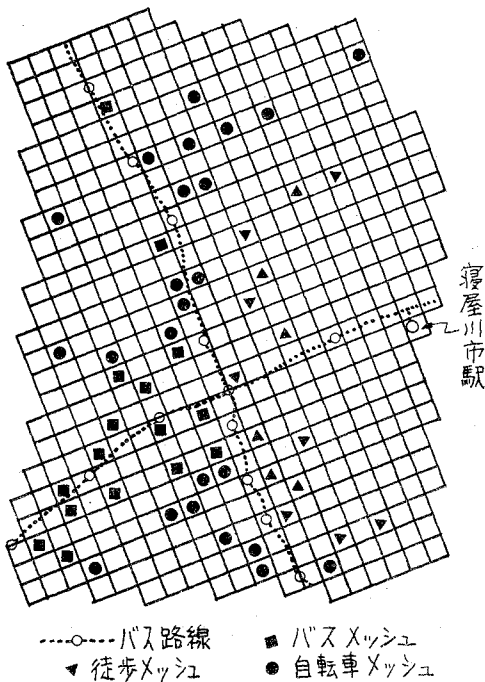


図-6 総費用のメッシュ別計算による発生圏の図解例

$$M_3=\frac{3 \alpha}{v_3} r_3+50 \alpha\left\{t_{31}+(0.06 d_3 / v_1)\right\}+m_{31} \dots\dots\dots(13)$$

さて、次節以下では式 (11)、式 (12)、および式 (13) で表わされる総費用式によって、解析的に C & R 型交通の発生圏に関する考察を進めていくが、一般に都市の道路、交通網は単純ではなく、複雑に屈折した形をしており、実際の都市に対して総費用モデルを適用する場合は、各地点で手段ごとに総費用を計算し、逐一その大きさを比較して発生圏を判定していくことになる。この例を図-6 に示す。本例は 2. で述べた寝屋川市駅の西方地域における調査データを、100 m メッシュごとに整理して総費用を各手段ごとに計算し、最小費用の手段を表示したものである。ただし、自転車置場料金は有料としているので、自転車圏を示すメッシュ数が比較的少なくなっている(詳細な説明は省略する)。

(3) 発生圏の境界基本式

C & R 型トリップの発生圏(以下、自転車圏と呼ぶ)と、徒歩トリップあるいはバstriップの発生圏(以下、それぞれ徒歩圏、バス圏と呼ぶ)との境界は自転車に関する総費用と、徒歩あるいはバスに関する総費用とが相等しい地点として示される。したがって、各発生圏の境界線は等費用線によって描かれ、各境界式は式(11)、式(12)、および式(13)を用いて解析的に誘導することができる。

本節では、各手段の表定速度はどの地点に関しても一定、自転車置場は駅と同位置にある( $d_2=0, t_{22}=0$ )ものとして、さらに以下の2ケースを設けて、それぞれのケースについて境界式を誘導する。

a) ケース1

駅を中心とする放射状街路が無数にあり、バス路線もバス停も無数にあるものとする(図-7(a))。つまり、本ケースはどの手段についても住居から直線経路で駅に出られるとしたケースを取扱う。

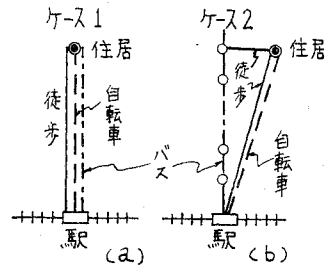


図-7 ケースの説明

まず、式 (11) と式 (12) とから、 $M_1=M_2$  とおき、 $r_1=r_2=R_{12}$  と書くと

$$R_{12}=\frac{1000 v_1 v_2(50 \alpha t_{21}+m_{21}+m_{22})}{3000 \alpha(v_2-v_1)-v_1 v_2 c_2} \dots\dots(14)$$

をうる。式 (14) が自転車圏と徒歩圏との境界式である。

次に、式 (12) と式 (13) とから、 $M_2=M_3$  とおき、 $r_2=r_3=R_{23}$  と書くと

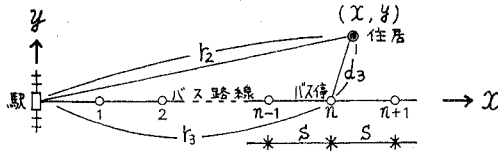


図-8 ケース 2 の説明

$$R_{23} = \frac{1000 v_2 v_3 \{m_{31} - m_{21} - m_{22} + 50 \alpha (t_{31} - t_{21})\}}{3000 \alpha (v_3 - v_2) + v_2 v_3 c_2} \dots (15)$$

をうる。式 (15) が自転車圏とバス圏との境界式である。

自転車圏は式 (14)、式 (15) で表される境界線から描かれることになる。

b) ケース 2

前ケースと同様に放射状街路は無数とするが、バス路線は 1 本で定間隔のバス停をもち、バス利用者は住居から最寄りのバス停まで直線経路を歩けるものとする (図-7 (b))。つまり、本ケースは前ケースよりもバスに関してより現実的なケースを取扱う。

いま、図-8 に示すように座標軸をとり、住居位置を  $(x, y)$  で表わす。また、バス停間隔を  $S$  で表わし、バス停には駅から順に番号をつける。

まず、自転車圏と徒歩圏との境界式は本ケースの場合もケース 1 と同様の式 (14) となるが、これを書きなおせば式 (16) となる。

$$x^2 + y^2 = R_{12}^2 \dots (16)$$

自転車圏とバス圏との境界式は、 $n$  番目のバス停について、以下のようにして求まる。

図-8 において、 $r_2 = \sqrt{x^2 + y^2}$  であるから、これを式 (12) に代入すると

$$M_2 = \left( \frac{3\alpha}{v_2} + \frac{c_2}{1000} \right) \sqrt{x^2 + y^2} + 50 \alpha t_{21} + m_{21} + m_{22} \dots (17)$$

をうる。また、図-8 において、

$$r_3 = nS, \quad d_3 = \sqrt{(x - nS)^2 + y^2}$$

であるから、これらを式 (13) に代入すると

$$M_3 = \frac{3\alpha}{v_3} nS + 50 \alpha t_{31} + \frac{3\alpha}{v_1} \sqrt{(x - nS)^2 + y^2} + m_{31} \dots (18)$$

をうる。式 (17) と式 (18) とから、 $M_2 = M_3$  とおけば、自転車圏とバス圏との境界式として

$$A \sqrt{x^2 + y^2} - B \sqrt{(x - nS)^2 + y^2} - CnS + D = 0 \dots (19)$$

が得られる。ここに、

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{3\alpha}{v_2} + \frac{c_2}{1000}, \quad B = \frac{3\alpha}{v_1}, \quad C = \frac{3\alpha}{v_3} \\ D &= 50 \alpha (t_{21} - t_{31}) + m_{21} + m_{22} - m_{31} \end{aligned} \right\} \dots (20)$$

である。

自転車圏は式 (16) と、 $n$  をパラメーターとする式 (19) の示す曲線族とで描かれることになる。

(4) 発生圏の基本的パターン

a) パラメーター値について

まず、前節の 2 ケースについて計算例によって発生圏の基本的パターンを考察するが、計算例をできるだけ現実的なものとするため、

可能な限り調査を実施し、あるいは資料を集めて、各境界式のパラメーター値を以下のようなも

表-1 速度 (km/h)

徒歩	自転車	バス
$v_1$	$v_2$	$v_3$
5	10	20

表-2 自転車速度

階級 (km/h)	~7	7~9	9~11	11~13	13~15	15~17	17~19	19~21	21~23	23~	計	平均値 10.5 km/h
度数	26	56	51	23	13	14	8	1	2	2	196	
百分率	13.3	28.6	26.0	11.7	6.6	7.2	4.1	0.5	1.0	1.0	100.0	

(昭和 50 年 11 月調査、実経路距離と所要時間とから算出した)

表-3 各停留所から駅までのバス表定速度

バス停名(略号)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
駅までの距離 (km)	0.4	0.9	1.3	1.6	2.0	1.4	1.6	1.2	1.8	2.1
表定速度 (km/h)	6	9	14	13	13	12	11	10	12	12

(昭和 50 年 7 月調査)

表-4 付加的時間 (分)

徒歩	自転車	バス
$t_{10}$	$t_{21}$	$t_{22}$
0	3	—
		$t_{31}$
		5
		$t_{32}$
		—

表-5 置場における自転車の出し入れ所要時間

階級 (秒)	0~20	21~40	41~60	61~80	81~100	101~120	121~140	141~160	161~180	181~200	計	平均値 88 秒
度数	0	3	5	10	9	5	3	2	1	1	39	
百分率	0	7.7	12.8	25.6	23.1	12.8	7.7	5.1	2.6	2.6	100.0	

(昭和 50 年 7 月調査)

のとする。

各手段の表定速度  $v_i$  は表-1 に示すものとする。徒歩速度は通勤・通学交通が主体であることから通常用いられる時速 4 km よりも大きくとり、自転車およびバスの速度は筆者らの寝屋川市における実測結果(表-2, 3)を参考にした。なお、バス速度は通勤時間帯におけるバス優先化が一般に進められつつある傾向などを考慮して、調査値よりも高い時速 20 km とした。

付加的時間  $t_{i0}$  は表-4 に示すものとする。置場における自転車出し入れ所要時間  $t_{21}$  は筆者らの寝屋川市駅前の自転車置場における実測結果(表-5)より、その平均値を 2 倍した(住居の置場でも同時間を要すると考えた)。バス待ち時間  $t_{31}$  はバス運行間隔に依存するが、都市部の通勤・通学時間帯では 10 分前後の間隔が多いので 5 分とした。

固定的費用  $m_{i0}$  は表-6 に示すものとする。自転車の価格は 3 万円から 5 万円のものが多く(昭和 50 年)、その耐用年数は 5 年から 10 年とみられ、これより  $m_{21}$  を算出した。置場料金  $m_{22}$  は民間の預り料金(昭和 50 年)を参考とした(有料の場合)。バスの 1 カ月定期代  $m_{31}$  はおおむね昭和 50 年の値である。

自転車の走行費  $c_2$  は年間経費を 1800 円、平均トリップ距離(往復)を 3 km として算出、時間価値  $\alpha$  は道路公団資料<sup>9)</sup>を参考とした(表-7)。

**b) 計算例**

ケース 1 に対する計算結果を図-9 に示す。

各発生圏の境界はすべて円弧で描かれる。自転車圏は置場料金が無料( $m_{22}=0$ )の場合には駅から 636 m 以遠で、かつ 1900 m 以内の地域となるが、有料( $m_{22}=2500$ )の場合には徒歩圏とバス圏のみになって自転車利用が消失する状態となることがわかる。

ケース 2 に対する計算結果を図-10 に示す(ただ

表-6 固定的費用 (円/月)

徒歩	自転車	バス
$m_{10}$	$m_{21}$	$m_{31}$
0	500	3000
	2500	

表-7 その他パラメーター

自転車走行費	時間価値
$C_2$ (円/km・月)	$\alpha$ (円/分)
50	13

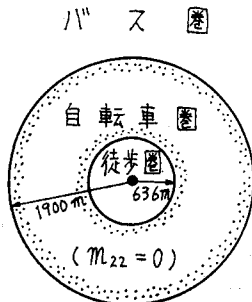


図-9 ケース 1 計算例

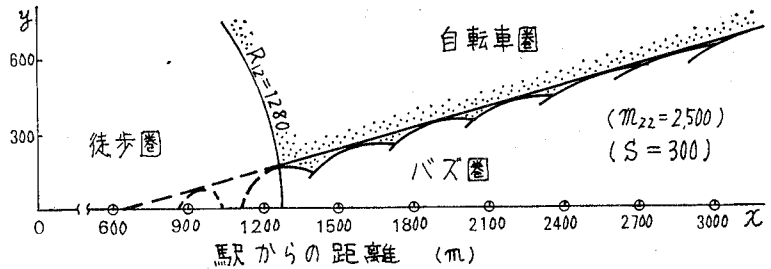


図-10 ケース 2 計算例

し、 $S=300, m_{22}=2500$  の場合)。

自転車圏と徒歩圏との境界は前ケースと同様に円弧で、自転車圏とバス圏との境界は連なった山型状に描かれることがわかる。自転車圏は打点された地域となる(なお、本研究では自転車圏が得られればよいので、図-10 においては徒歩圏とバス圏との境界を明確にしていない)。

**c) 自転車圏とバス圏との境界近似式**

ケース 2 の場合自転車圏とバス圏との境界は式(19)で示される曲線族によって求まるが、その形状は図-10 で描かれているように複雑である。そこでこれを曲線族の包絡線によって近似してみる。

いま、 $nS=\beta$  とおき、式(19)の左辺を  $x, y, \beta$  の関数  $f(x, y, \beta)$  とすれば

$$f(x, y, \beta) = A\sqrt{x^2+y^2} - B\sqrt{(x-\beta)^2+y^2} - C\beta + D \dots\dots\dots (21)$$

式(21)の両辺を  $\beta$  で微分すれば

$$f_{\beta}(x, y, \beta) = \{B(x-\beta)/\sqrt{(x-\beta)^2+y^2}\} - C \dots\dots\dots (22)$$

$f=0$  および  $f_{\beta}=0$  から  $\beta$  を消去すれば、包絡線の方程式として式(23)が得られる( $y$  が正の場合)。

$$A\sqrt{x^2+y^2} - \sqrt{B^2-C^2}y - Cx + D = 0 \dots\dots (23)$$

さて、さきのケース 2 に対して包絡線を求め、これを図に示すと、図-10 にあわせ示しているものとなる。図-10 をみると、包絡線がほぼ直線的に変化していることがわかる。そこで、包絡線上に 2 点を取り、これを通る直線と包絡線との  $y$  に関する差を計算すると、表-8 のようであって、最大差はわずか 4 m にすぎない。包絡線のこの直線性については、パラメーターの値を変えてみても本例と同様に包絡線がほぼ直線となることが確かめられており<sup>7)</sup>、必要に応じて包絡線はさらに直線

表-8 包絡線を直線近似した場合の  $y$  値の差 (m)

	$x$	650	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
$y$	$y_1$ 包絡線値	0	68	151	235	319	404	489	574	660
	$y_2$ 直線値*	0	70	154	239	323	407	491	576	660
	$y_2 - y_1$	0	2	3	4	4	3	2	2	0

(\* 包絡線上の 2 点 (650, 0) および (3000, 660) を通るものとする)

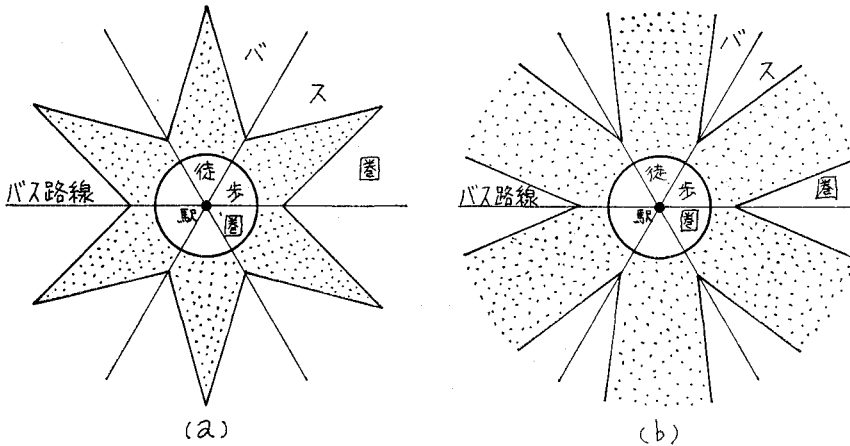


図-11 C & R 型交通の発生圏パターン

近似されてもよいことが示される。

d) 考 察

b) においては計算例によって自転車圏、すなわち C & R 型交通の発生圏を図示した。その結果、ケース 1 の場合、各境界は駅を中心とする同心円となり、C & R 型交通の発生圏はそれらの中央部の環帯地域として示され、ケース 2 の場合は、徒歩圏は駅周辺部の円内地域、バス圏はバス路線を対称軸とし、駅から離れるほど広がりをもつ山型の連担した地域となって、C & R 型交通の発生圏はこの両地域外の地域として示されることがわかった。

ここで、ケース 2 を拡大した都市モデル、すなわち駅を中心に放射状のバス路線が数本あるような都市について、C & R 型交通の発生圏を考える (図-11 参照)。

上記の計算例による結果から、まず、徒歩圏が駅を中心とする駅周辺部の円内地域となることは容易に理解されよう。次に、バス圏は、c) で述べたことから境界を近似的に直線で表わすと、各バス路線ごとに駅に対してくさび型に形成されることになるが、くさびの先端部の鋭さ、つまり、くさびが駅に対してなす角の大きさによって、次の 2 つのパターンの描かれることがわかる。すなわち、バス圏は駅から離れるにしたがって広がりをもつが、一つのパターンはあるバス路線に関するバス圏が広がってついに隣のバス圏と重なる場合であり、もう一つは重なることのない場合である。したがって、C & R 型交通の発生圏はこれに伴って 2 つのパターンをもつことになる。これを図示すると、図-11 の (a) および (b) となる。

さて、図-11 から、C & R 型交通の発生圏パターンは、形容すれば、中心部を欠く“ひとでの足”状 (同図 (a))、あるいは“風車の羽根”状 (同図 (b)) となることがわかるが、ひとでの足状になるか風車の羽根状にな

るかは、くさびが駅に対してなす角の大きさ (パラメーター値が関与する)、および放射状バス路線が互いになす角の大きさ (バス路線数により定まる) によって定まるものである。したがって、パラメーター値が一定の場合について C & R 型交通の発生圏パターンを考えると、本都市モデルにおいては、はじめバス路線数が少なく

風車の羽根状であったとすると、路線数が多くなるにしたがってひとでの足状となり、さらに多くなるとケース 1 の環帯に近づく形をとることが理解される。

4. 自転車置場の位置および料金が発生圏パターンに及ぼす影響

現在、自転車ブームの到来により、多くの鉄道駅においては自転車の氾濫現象がみられている。これに対処して自転車の安全利用を促進するためには、理想的には駅周辺の改造による収容能力の増進と無料化が図られることが望ましいが、現実的には駅から離れた地点に置場が建設されたり、やむをえず置場料金を賦課するなどの方策が検討されたりしている。そこで本章では、置場の位置および料金が C & R 型交通の発生圏パターンをどのように変えるかについて、前章と同様の 2 ケースを設けることによって考察する。

さて、置場位置は駅から半径  $d_2$  だけ離れた環状地域にあるものとする。すなわち、自転車利用者は住居と駅とを結ぶ直線経路をとり、その直線上の駅から  $d_2$  の位置に自転車を置き、そこから徒歩で駅に出るものとする ( $t_{22}=0.06 d_2/v_1$ )。

各境界式は前章と同様にして、式 (11)、式 (12) および式 (13) から以下のように求まる。

ケース 1 の場合、式 (14)、式 (15) に対応するものとして、それぞれ式 (24)、式 (25) がえられる。

$$R_{12} = \frac{1000 v_1 v_2 \{50 a t_{21} + (3 a d_2 / v_1) + m_{21} + m_{22}\}}{3000 \alpha (v_2 - v_1) - v_1 v_2 c_2} \dots \dots \dots (24)$$

$$R_{23} = \frac{1000 v_2 v_3 \{m_{31} - m_{21} - m_{22} + * \}}{3000 \alpha (v_3 - v_2)} * \frac{50 \alpha (t_{31} - t_{21}) - (3 a d_2 / v_1)}{+ v_2 v_3 c_2} \dots \dots \dots (25)$$

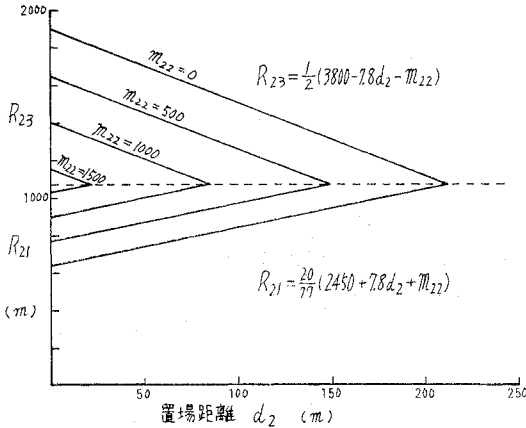


図-12 発生圏域の変化 (ケース 1)

ケース 2 の場合，徒歩圏と自転車圏との境界式は式 (16) の右辺に式 (24) を代入すればよく，自転車圏とバス圏との境界式は式 (20) における  $D$  を

$$D = 50 \alpha (t_{21} - t_{31}) + (3 \alpha d_2 / v_1) + m_{21} + m_{22} - m_{31} \dots \dots \dots (26)$$

と書き替えれば，境界式 (19)，および包絡線による近似境界式 (23) をそのまま使うことができる。

ケース 1 に対する計算例を図-12 に示す (パラメーター値は前章と同様)。図-12 は，4 種の置場料金について置場位置と，徒歩圏と自転車圏との境界 ( $R_{21}$ ) および自転車圏とバス圏との境界 ( $R_{23}$ ) との関係を図示したものである。各境界が円弧を描き，C & R 型交通の発生圏が中央部の環帯地域となることはいうまでもないが，その環帯の幅は，図-12 において上下直線の間隔 ( $R_{23} - R_{21}$ ) によって示される。図-12 から，料金が無料であっても位置が駅から 200 m 以上となれば，また位置が駅に近接していても料金が 1500 円以上となれば，C & R 型交通の発生圏域が皆無となることがわかる。したがって，本ケースのようにバスの便が至便

表-9 発生圏の面積変化

ケース	I	II	III	IV	V	VI
$m_{22}$ (円)	0	0	0	2500	2500	2500
$\alpha_d$ (m)	0	250	500	0	250	500
面積比	100	66.5	35.3	58.1	28.4	8.5

な場合には，置場の位置または料金が自転車利用者にとって比較的好条件なものであっても，C & R 型交通の発生圏域は小さなものとなることが示される。

ケース 2 に対する計算例を図-13 に示す (パラメーター値は前章と同様)。図-13 は隣接バス路線との交角を  $60^\circ$  として，置場料金が無料と有料 (2500 円) の場合について，それぞれ置場位置を 3 ケースとり，C & R 型交通の発生圏域の変化を図示したものである。いずれのケースも風車の羽根状の発生圏パターンとなっていることがわかる。また，図-13 に示された合計 6 ケースについて C & R 型交通の発生圏域の面積を比較すると表-9 のようになる (図-13 からわかるように発生圏は無限の広がりをもつので，面積の算出は駅から半径 3 km 以内の地域を対象とした)。表-9 から，C & R 型交通の発生圏面積は，位置が駅に近接し料金が無料の場合 (ケース I) に対して，位置が駅に近接していても料金が 2500 円になれば (ケース IV) 約 6 割，料金が無料であっても位置が駅から 500 m 離れると (ケース III) 約 4 割，料金が 2500 円で位置が駅から 500 m となると (ケース VI) 約 1 割，となることなどが読み取れる。一般に発生圏面積の減少は C & R 型交通需要の減少と考えてよいから，この計算結果により，置場の位置および料金が自転車利用に大きな影響を及ぼすものことが示される。

5. 結 論

最近において利用に顕著な増加のみられる自転車交通のうち，鉄道駅に集中するサイクルアンドライド型交通を取り上げ，主としてそのトリップ発生圏の基本的パターンについて考察した。本研究で示された諸点を要約すると以下のようなのである。

- (1) 筆者らの調査の結果，C & R 型交通は男性による通勤・通学交通が主体で，かつ時間的，経済的な理

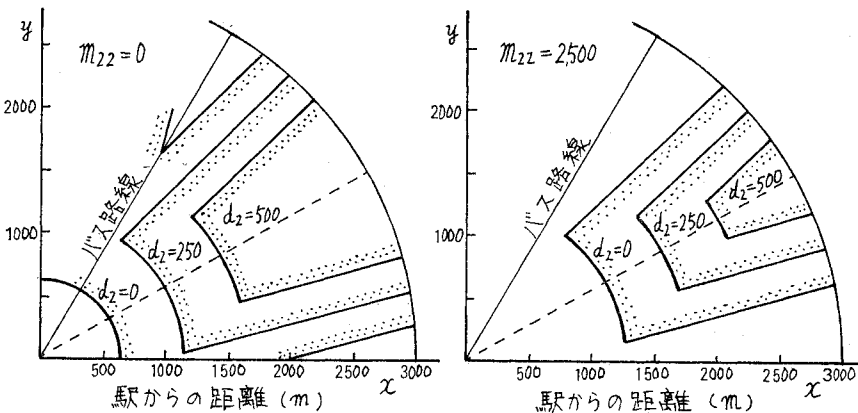


図-13 発生圏域の変化 (ケース 2)



由により自転車を利用されていること、駅周辺のある半径をもつ円内地域ではトリップの発生が皆無に近いこと、住居と駅との直線距離と実トリップ距離との間には相関関係が認められること、などが明らかにされた。

(2) 住居と駅との間のトリップ手段として徒歩、自転車、バスを取り上げ、所要時間と経費とを考慮した総費用モデルを示し、発生圏を定義することにより、トリップ経路を単純化した2ケースに対して、各交通手段に関するトリップ発生圏の境界式が解析的に誘導された。

(3) 境界式における各種パラメーター値を実測あるいは資料によって定めて計算例を示し、徒歩圏と自転車圏との境界は円となり、自転車圏とバス圏との境界は円またはバス停留所ごとに求められる曲線族で描けることが示された。

(4) 自転車圏とバス圏との境界線は複雑な形状をとるので、この場合に対し曲線族の代わりにその包絡線で近似するとして方程式を誘導し、包絡線はさらに直線で近似できることが示された。

(5) 駅を中心として放射状に数本のバス路線があるような都市モデルに対して、C & R型交通の発生圏は“ひとでの足”状、あるいは“風車の羽根”状にパターン化されることが示された。

(6) 自転車置場の駅からの位置および料金を変化させた場合について境界式を示し、位置と料金のいくつかの組み合わせについて発生圏パターンの変化を計算例によって調べたが、(5)の都市モデルの場合、いずれも風車の羽根状となることが示された。

(7) 6ケースについてC & R型交通の発生圏面積を比較したところ、料金が無料で位置が駅に近接している場合の面積を基準にとると、たとえば、料金が無料で位置が駅から250mの場合は基準の約67%、料金が2500円で位置が駅に近接している場合は基準の約59%となることが示された。

## 6. あとがき

従来、自転車交通に関しては、調査による諸実態の分析や実験による自転車走行特性の解析などの研究は比較的多くなされているが、本研究のようにトリップ発生圏の把握を目的とするような計画的要素を主点にもつ研究は数少ないように見受けられる。交通計画の中に、自転車交通に関する計画も組み入れられるべきことは論じるまでもないように思われるが、いまひとつ自転車交通に視点のあわされることが少ないのは、都市交通における

自転車交通の位置づけが不明確なためと考えられる。自転車には雨天の日は使用し難いという大きな欠点もあるが、その軽便性のすぐれていることや、現在の諸交通機関のサービスレベルの不十分なことを考えると、自転車の交通手段としての有用性については疑い余地がないであろう。現実に利用の増勢がみられていることでもあり、今後、多くの研究がなされるとともに、自転車道、自転車置場などの整備が計画的、かつ積極的に推進されることが期待される。

本研究では、主としてC & R型交通の発生圏パターンの基本的形状を示すことをめざして、総費用モデルを基礎に比較的簡単な都市モデルについて考察を行った。取り上げた手段も徒歩、自転車、バスの三者に限定しているが、他の手段、あるいは自転車とバスを乗り継いで駅に出るタイプのものを加えたり、トリップ経路を複雑にした都市モデルとするなど、残された課題も多い。そのため、緊急を要する行政的施策に対しては直ちに参考となる点は少ないかもしれないが、本研究が今後の都市交通施設に関する施策、たとえば自転車道の広域的整備や公共的な自転車置場の設置などを計画するに際して、いくつかの示唆を与えることができれば幸いである。

最後に、本研究の遂行にあたって多くの貴重なご助言をいただいた京都大学工学部 佐佐木 綱教授、種々のご鞭撻をいただいた京都大学工学部 明神 証助教授に対し厚く御礼申し上げますとともに、大阪府立工業高等専門学校に在学中、調査およびデータの整理に労を取っていただいた植田盛夫（現在 間組）、谷口正幸（現在 大阪市役所）、多村周三（現在 日本水道コンサルタント）、人見宗雄（現在 都市交通計画研究所）の各氏に深謝する次第である。

## 参 考 文 献

- 1) 大阪市土木局：都市の自転車交通，p. 10, 1974-10.
- 2) 自転車産業振興協会資料：昭和50年都道府県別自転車保有率
- 3) 高岸節夫・谷口正幸・人見宗雄：寝屋川市における自転車の通勤利用について（その2），土木学会関西支部年次学術講演概要，IV-10, 1976-5.
- 4) 高岸節夫・植田盛夫・多村周三：寝屋川市における自転車の通勤利用について，土木学会関西支部年次学術講演概要，IV-34, 1975-4.
- 5) 京阪神都市圏パーソントリップ調査委員会：パーソントリップ調査による交通現況分析（鉄道駅），p. 22
- 6) 日本道路公団：一般有料道路計画調査要領，1976-3.
- 7) 忠津 徹：置場用地の制約を考慮した通勤・通学自転車交通需要の推計，京都大学工学部 土木工学科卒業研究，1976-2.

(1976.6.16・受付)