

高雄都市圏における交通特性に関する研究

Travel Analysis in Kao-hsiung Metropolitan Area

林 華新*、原田 昇**、太田勝敏***

By Kashin Lin, Noboru Harata, Katsutoshi Ohta

This paper studied the travel characteristics and their factors in Kao-hsiung Metropolitan Area based on individual trip records. We have found that socio-economic variables, such as car ownership, household income, employed or not, are more important than level-of-service variables in explaining trip ratio and travel modal splits. We also constructed a NL-type simultaneous choice model of vehicle ownership and home-to-work travel mode, and illustrated the effects of future income growth.

In summary, the coming income growth will increase trip ratio and car share of modal split, and the change will go with the large increase in traffic volume.

1. はじめに

台湾の実情にあった都市交通計画を立案するためには、台湾諸都市の交通特性を把握し、その特徴を反映した交通分析手法を構築する必要がある。

台北都市圏（1975年）と高雄都市圏（1979年）の2大都市圏では、広域的なパーソントリップ調査が実施され、ゾーン単位の集計分析によって、都市交通特性の一端が明らかにされている。我々は、これまでに、都市間比較により、各都市圏の交通特性を確認すると共に、高雄都市圏において個別トリップデータのマイクロ分析を行うことにより、集計分析では不明瞭であったトリップ発生と交通機関別分担の要因について考察してきた。¹⁾

* 正会員 工修 台北市

** 正会員 工博 東京大学助手 工学部都市工学科

*** 正会員 ph.D 東京大学助教授 //

(〒113 文京区本郷7-3-1)

本研究は、高雄都市圏（表1）に関して、これらの分析結果を基礎として、トリップ発生率の要因分析（数量化Ⅰ類）、バイクを中心とした交通機関別分担の要因分析（数量化Ⅱ類）、ならびに、バイク利用の高い交通特性が所得の増加にともない自動車にどう変化するのかに着目した非集計行動分析（保有パターン・通勤交通手段分担同時決定モデル）を行い、社会経済属性と交通特性の関係をとり入れた分析手法の適用可能性を検討したものである。

表1. 高雄都市圏交通調査の概要

調査年月	1979年4月
調査地域-面積	484km ²
人口	164万人
ゾーン数-大、中、小	34, 102, 217
調査対象-世帯	15236
個人	74020
トリップ	59945
抽出率	4~6%
調査方法	訪問面接調査

注. 徒歩トリップは調査対象外である。

2. トリップ発生率の要因分析

高雄都市圏のトリップ発生率(表2: 徒歩は除く)は、男女で大きく異なるが、職業別にみると、男女の差は小さく、就業者、無職、学生について、各々、1.4、0.1、0.7トリップ/人であり、年齢別には、女性の25才以上では無職(大半は専業主婦と考えられる)の割合が大きいことからトリップ発生率が大きく減少する(図1)。また、高所得世帯の方が世帯当たりトリップ数は大きい(図2)。

ここでは、これらの要因間の関係を、一人当たりトリップ発生率を被説明変数とする数量化I類により分析した。説明変数は、クロス分析結果からトリップ発生率と関連性があると判断した8変数(表3参照)である。また、分析対象サンプルは、計算容量制約の中で、74,020サンプルから1,400サンプルを

表2. 高雄都市圏における性別トリップ発生率

	男性		女性	
	発生率	人口数	発生率	人口数
就業者	1.43	39万人	1.38	13万人
無職	0.13	15	0.17	42
学生	0.76	24	0.71	22
全体	0.97	79	0.53	77

注. 発生率の単位はトリップ/人

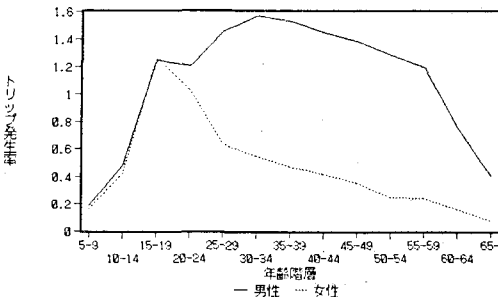


図1. 性・年齢階層別の発生率

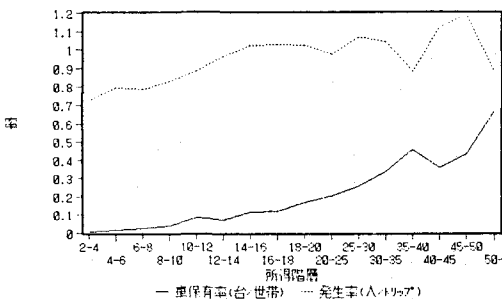


図2. 所得階層別の発生率と自動車保有率

再抽出した。分析結果を表3に示す。

要因の説明力を偏相関係数とカテゴリーレンジでみると、大きい順に、職業、年齢、運転免許有無、世帯所得、車とバイクの保有有無、性別、ゾーンであり、カテゴリー別のスコアと合わせると以下の特性が指摘できる。

- ・職業の有無による影響が極めて大きく、有職者に関しても、職種による発生率の違いが大きい。
- ・年齢は、中学生以下(12才以下)と高校生以上(13才以上)との相違が大きい。これは、徒歩分担率が減少する影響であろう。
- ・運転免許の有無は、私的交通手段の利用可能性の代理変数として説明力が高くなっている。
- ・車とバイクの保有の有無は、世帯での有無であ

表3. トリップ発生率の要因分析(数量化I類)

アイテム	カテゴリー	サンプル数	偏相関係数	カテゴリーレンジ	カテゴリースコア
ゾーン	市内	299	0.010	0.0187	0.006
	市周辺	648			-0.009
	郊外	453			0.010
世帯人数	0-4	351	0.086	0.2617	0.100
	5-8	879			-0.008
	9-	170			-0.163
乗物保有	無し	289	0.027	0.0599	0.048
	有り	1111			-0.013
世帯月収(元)	-4000	86	0.092	0.3112	-0.056
	-8000	414			-0.040
	-12000	461			0.005
	-16000	190			-0.100
	-20000	113			0.213
	-30000	68			0.094
	30001-	68			0.115
性別	男	687	0.035	0.0678	0.034
	女	703			-0.034
年齢	0-12	341	0.246	0.7048	-0.324
	-18	216			0.381
	-30	321			0.122
	-45	254			0.026
	-60	184			-0.055
	61-	84			-0.088
免許	有り	305	0.173	0.4468	0.349
	無し	1095			-0.097
職業	技術	44	0.324	1.2545	0.544
	管理	10			0.134
	事務	45			0.862
	販売	86			0.186
	サービス	26			0.526
	農林漁	31			0.054
	技能	148			0.479
	運輸	18			0.389
	労働	22			0.195
	その他	30			0.147
	軍人	15			0.148
	無職	520			-0.393
	学生	405			0.050

るため、個人の発生率に対する影響が小さい。

- ・世帯所得では、月収16,000元を境として、発生率が増加する。
- ・性別とゾーンによる発生率の相違は他の要因で説明できる。

従って、トリップ発生率の大小は、職業の有無と職種、換言すれば、通勤・通学トリップの有無に強く関連している。今後、想定される所得増加を伴う職種の变化、女性の社会進出などにより、全体としての発生率は大幅に増加する可能性が大きいといえる。

3. 交通機関選択の要因分析－バイクを中心として

高雄の交通は、ほとんど道路に依存しており、自動車保有率が低く（世帯保有率 10.4%）、市バスと近郊バスとの統合が行われていない現状では、「バイク天国」と呼ばれるほどバイクの利用率が高く、バイクによる交通量は道路交通の58%を占めると言われている。市内道路の交通渋滞は台北ほど厳しくはないが人口増加（1971-79 :3.07%）を上回る急速なモータリゼーション（1975-80 :21.8%）の進展により、ますます深刻になると予想されている。

バイクと競合する交通手段は、現時点では少数層である自動車を保有する高所得者層を除くと、主として、自転車とバスである。従って、ここでは、バイクと自転車ならびにバスとの競合要因を数量化Ⅱ類で分析する。

ただし、表4から、自動車を保有すると、バスの分担率はほぼ変わらないが、バイクと自転車の分担率は減少すると推測できること、自動車とバイクのトリップ長分布が類似しており代替性は高いと言えることから、将来的には、所得水準の向上にともなって、バイクから自動車への転換がどの程度起こるかが交通計画を考える上で重要であるので、バイクと自動車の競合関係は次章で分析する。

分析対象サンプルは、計算容量制約の中で、バイクと自転車あるいはバイクとバスの利用トリップで所要時間が明確なものの中から、代表的ODとしてODペア別サンプル数が10以上となるものを抽出し、約1500サンプルを設定した。

分析結果について、自転車、バスに共通して、社会経済属性がトリップ特性やサービス変数よりも説

明力が大きい。特に、保有と免許による影響が顕著である。次に説明力が高いものは、年齢、職業、トリップ目的の相互に相関する要因であり、保有と免許等の他の条件が同一の場合、バイク免許の取得できない若い学生が、バイクに対して自転車とバスを利用する傾向にあることを示している。また、サービス変数は、説明力が大きくないが、中ゾーン（高

表4. 車保有・非保有別交通手段分担率（全目的）

	鉄道	バス	自動車	バイク	自転車	その他
保有	1.0	13.4	33.9	23.7	16.2	11.8
非保有	0.9	16.8	2.0	41.7	29.4	9.2
全体	0.9	16.4	5.2	40.0	28.0	9.5

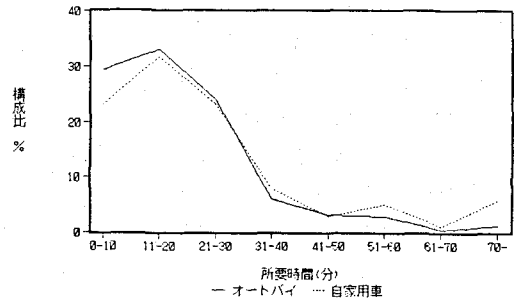


図3. 自動車とバイクのトリップ長分布

表5. バイクとの競合要因（数量化Ⅱ類、全目的）

変数 [カテゴリー数]	カテゴリーレンジ（順位）	
	対 自転車	対 バス
二輪車保有パターン[4]	5.83 (2)	-
バイク運転免許 [2]	7.68 (1)	-
バイク保有免許# [4]	-	14.03 (1)
世帯月収 [5]	0.93 (7)	0.56 (10)
性別 [2]	0.24 (10)	0.55 (11)
年齢 [5]	1.13 (6)	2.45 (4)
職業有無/学生 [3]	0.65 (8)	5.50 (2)
トリップ目的 [4]	3.28 (3)	4.17 (3)
ODパターン [3]	0.47 (9)	1.63 (6)
トリップ距離 [5]	3.26 (4)	1.49 (7)
時間比 [4]	2.28 (5)	1.10 (8)
費用比 [4]	-	1.77 (5)
バス徒歩時間 [4]	-	1.03 (9)

バイクの免許と保有の組合わせた変数

* 市内々、市内外、市外々の3パターン

雄市内平均規模：2.05KM²)間で設定したことの影響があるものと考えられる。

通勤、通学、その他ホームベース、ならびにノンホームベースの4目的別に分析した結果、全目的の分析結果との相違としては、通学目的のバイクとバスあるいは自転車との競合要因に関して、費用比(バスのみ)とトリップ距離のサービス変数の説明力が大きいことが指摘できる。その他の場合には、全目的の分析結果と同様に、保有と免許の影響が大きく、サービス変数よりも社会経済属性の変化傾向の方が、今後の交通手段分担を考える上で重要であることを示している。

4. 保有・通勤交通手段分担同時決定モデルの構築

ここでは、所得向上による交通手段分担の変化を把握するために、自家用車とバイクの保有と通勤交通手段の選択を、NLモデルを用いて分析する。保有と通勤交通手段を同時に分析する理由は、所得の向上が長期的な保有選択を通して中期的な通勤交通手段の分担に影響すると考えるからである。

表6は、分担率が5%未満の鉄道、タクシー等を除いた4手段についての、保有パターンと通勤交通手段分担率である。自動車の分担率は全体では低いが、自動車保有層では高くなることを示している。この相違を把握するため、以下のモデル分析では保有階層毎に一定数(約180)のサンプルを抽出した。

表6. 保有パターンと通勤交通手段分担率

#	保有パターン			通勤交通手段分担率(%)				サンプル数
	自動車	バイク	自転車	バス	自動車	バイク	自転車	
1	○	○	○	5.6	39.4	47.6	7.4	1429
2	○	○	×	3.3	49.9	45.9	0.9	802
3	○	×	○	10.1	73.0	3.3	13.0	300
4	○	×	×	8.7	82.0	6.3	2.9	206
5	×	○	○	7.1	0.5	72.5	19.9	15666
6	×	○	×	6.6	0.9	89.5	3.0	5423
7	×	×	○	18.3	1.2	6.0	74.5	3497
8	×	×	×	68.5	8.0	15.5	8.0	349
合計				9.1	5.6	63.4	21.9	27679

1) 通勤交通手段選択モデル

バス、自動車、バイク、自転車の4交通手段選択モデルを構築する。選択肢の利用可能性は、世帯での保有し、ODペアで実績のある手段を利用可能とした。

選択要因は、従来の予測で使われている旅行時間と距離、社会経済属性として世帯の保有と所得、ならびに個人の社会経済属性を取り上げた。推定結果は、社会経済属性の有用性を明確にするため、モデル1(サービス変数のみのモデル)、モデル2(保有変数を加えたモデル)、モデル3(重要な社会経済属性を加えたモデル)の3つに整理した。

推定結果(表7)は、全パラメータが符号条件を満たしている。通勤者当たり保有台数は、モデル2からモデル3への変数追加により、手段に依らずほぼ同規模のパラメータとなっており、モデル2ではいくつかの社会経済属性を代表した結果としてパラメータが異なると考えられる。

モデル1から3について、モデルの精度を示す的中率と ρ^2 は、モデル3で大幅に改善されており、保有以外の社会経済属性の追加が有用である。従って、個別データの分析を行うことにより、交通手段分担を説明するのに適切な社会経済属性を選定することが可能であり、モデル精度の改善につながることを指摘できる。

2) 保有パターン選択モデル

保有の有無は、自動車、バイク、自転車の3手段について考えられるが、自転車は価格が安く購入が容易であるため、保有パターンの対象から除外し、自動車とバイクの4保有パターンを選択肢とした。順に、選択肢1は自動車とバイクを保有、選択肢2は自動車のみ保有、選択肢3はバイクのみ保有、選択肢4は、共に非保有とした。選択肢の利用可能性は、OD実績無し(OD)の交通手段を含む保有パターン(長距離でバイク利用が無いODなど)を利用不可能とした。

選択要因は、交通手段の総合的アクセシビリティを示す合成変数、社会経済属性として世帯の所得、ならびに個人の社会経済属性を取り上げた。推定結果は、社会経済属性の有用性を明確にするため、表8に、モデル1からモデル4の4つに整理した。

精度指標等で較べると、モデル1とモデル3より、

表7. 通勤交通手段選択モデルの推定結果

合成変数、世帯所得とともに、保有パターンの説明要因として重要であり、両者を組み合わせることで精度が向上する。また、免許と年齢等の個人の社会経済属性と所得を組合せたモデル2に対して、合成変数を加えたモデル4は精度が向上する。

世帯所得パラメータの推定結果は、所得の増加により、バイクと自動車の保有率が上昇すること、その上昇率は、自動車の方が大きく、バイク保有から自動車保有への転換が生ずる可能性を示している。

モデル4の的中率は、全体で56%であるが、自動車とバイクの保有・非保有に関する的中率は、各々、83%、67%である。

保有パターンの考え方、社会経済属性変数の取入れ

		モデル1		モデル2		モデル3	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
	旅行時間/距離 (共通変数)	-0.2667	-6.639	-0.2192	-6.381	-0.265	-6.025
固有変数	自家用車 (保有台数/世帯通勤人数)	—	—	2.1680	4.401	0.699	1.367
	バイク (保有台数/世帯通勤人数)	—	—	1.0580	3.911	0.595	1.922
	自転車 (保有台数/世帯通勤人数)	—	—	0.5265	2.663	0.610	2.686
	自家用車 (世帯月収/家族人数, 6000元以上=1, 他=0)	—	—	—	—	0.485	1.041
	自家用車 (運転免許, あり=1, 他=0)	—	—	—	—	2.498	7.077
	バイク (運転免許, あり=1, 他=0)	—	—	—	—	2.866	8.093
	自家用車 (性別, 男性=1, 女性=0)	—	—	—	—	2.208	4.506
	バイク (性別, 男性=1, 女性=0)	—	—	—	—	1.584	3.688
	自転車 (性別, 男性=1, 女性=0)	—	—	—	—	1.401	3.689
	バイク (年齢, 21~30才=1, 他=0)	—	—	—	—	0.886	2.970
定数項	自家用車	1.7200	9.321	0.3187	0.888	-1.252	-2.577
	バイク	-0.9118	5.530	0.0471	0.178	-2.573	-5.870
	自転車	0.3103	1.817	-0.2311	-0.848	-0.990	-2.855
ρ^2		0.3045		0.3304		0.5000	
的中率 (%)		64% $\left[\begin{array}{l} \text{バス} \quad 24\% \\ \text{自家用車} \quad 77\% \\ \text{バイク} \quad 66\% \\ \text{自転車} \quad -57\% \end{array} \right.$		66% $\left[\begin{array}{l} \text{バス} \quad 26\% \\ \text{自家用車} \quad 78\% \\ \text{バイク} \quad 68\% \\ \text{自転車} \quad 59\% \end{array} \right.$		76% $\left[\begin{array}{l} \text{バス} \quad 47\% \\ \text{自家用車} \quad 84\% \\ \text{バイク} \quad 79\% \\ \text{自転車} \quad 68\% \end{array} \right.$	

表8. 保有パターン選択モデルの推定結果

		モデル1		モデル2		モデル3		モデル4	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
	$\Lambda (\Lambda = \ln \sum_{i=1}^4 e^{V_i})$	1.1730	15.510	—	—	—	—	0.8825	9.113
固有変数	自家用車 (収入, 8000-16000=1他=0)	—	—	1.4290	5.638	1.0850	5.446	1.4010	5.291
	自家用車 (収入, 16000-24000=1他=0)	—	—	2.5090	7.793	2.1360	7.893	2.5550	7.713
	自家用車 (収入, 24000以上=1 他=0)	—	—	3.6400	7.796	3.0740	7.238	3.5160	7.429
	バイク (収入, 8000-16000=1他=0)	—	—	0.5485	3.269	0.5290	3.421	0.5358	2.995
	バイク (収入, 16000-24000=1他=0)	—	—	1.1330	5.371	1.0850	5.508	1.1520	5.275
	バイク (収入, 24000以上=1 他=0)	—	—	1.2790	5.006	1.3540	5.613	1.3610	5.265
	自家用車 (運転免許, あり=1, 他=0)	—	—	3.4560	10.670	—	—	2.0300	5.904
	バイク (運転免許, あり=1, 他=0)	—	—	1.6990	11.440	—	—	0.6488	3.614
	バイク (年齢, 21~30才=1, 他=0)	—	—	0.5838	3.836	—	—	0.2779	1.720
	定数項	2	0.3456	4.110	2.3010	10.700	0.7964	5.068	1.6520
3		-0.4874	-4.664	1.6930	6.929	0.2172	1.207	1.5670	6.284
4		0.9732	7.014	3.1860	10.610	0.8334	3.920	3.4380	11.290
ρ^2		0.2362		0.2753		0.1418		0.3130	
的中率 (%)		50% $\left[\begin{array}{l} 1 \quad 48\% \\ 2 \quad 50\% \\ 3 \quad 46\% \\ 4 \quad 56\% \end{array} \right.$		53% $\left[\begin{array}{l} 1 \quad 57\% \\ 2 \quad 50\% \\ 3 \quad 47\% \\ 4 \quad 58\% \end{array} \right.$		46% $\left[\begin{array}{l} 1 \quad 55\% \\ 2 \quad 45\% \\ 3 \quad 34\% \\ 4 \quad 46\% \end{array} \right.$		56% $\left[\begin{array}{l} 1 \quad 56\% \\ 2 \quad 53\% \\ 3 \quad 51\% \\ 4 \quad 62\% \end{array} \right.$	

注：交通手段分担モデル3を用いて合成変数 Λ を算出した

方など、多くのバリエーションが考えられるが、社会経済属性とサービス変数を取り入れた保有パターン選択モデルの適用性可能性は高いと言える。

3) 推定モデルを用いた所得向上による影響の例示
 仮想的サンプルを用いて、所得向上による交通手段分担の変化を例示する。

同一の社会経済属性を持つ世帯A（世帯所得6000元、家族3人、通勤者1人（男性・免許あり））が、都心就業地からの距離3KMに居住する場合、推定したモデル式を用いて、保有パターンと通勤交通手段の分担率を推定することが出来る。自動車、バイク、自転車の各手段の平均速度をサンプル平均の、22KM/H、18KM/H、12KM/Hとすると、保有パターンと通勤交通手段の選択確率は、表9の1)となり、自転車のみを保有し、自転車で通勤するとの結果が得られる。世帯所得が6000元から、12000元、18000元に増加するときの変化を推定し、同表に示した。（推定モデルは、層別サンプルにより推定したモデルのため、この様な効果試算に際しては、実際の実績分担率に一致するように選択肢固有定数を変化させる必要がある。ここでは、このサンプルの実績と推定確率とが整合するように選択肢固有定数を変更して用いた。）

表9. 保有・通勤交通手段選択率（世帯A、3KM）

1) 世帯所得 6,000元					
	バス	自動車	バイク	自転車	保有
車+バイク	0.072	0.405	0.262	0.261	0.084
自動車	0.098	0.548	0.000	0.354	0.080
バイク	0.122	0.000	0.440	0.438	0.181
なし	0.217	0.000	0.000	0.783	0.656
合計	0.178	0.078	0.102	0.642	1.000
2) 世帯所得 12,000元					
	バス	自動車	バイク	自転車	保有
車+バイク	0.072	0.405	0.262	0.261	0.310
自動車	0.098	0.548	0.000	0.354	0.174
バイク	0.122	0.000	0.440	0.438	0.165
なし	0.217	0.000	0.000	0.783	0.351
合計	0.136	0.221	0.154	0.489	1.000
3) 世帯所得 18,000元					
	バス	自動車	バイク	自転車	保有
車+バイク	0.058	0.525	0.209	0.208	0.609
自動車	0.073	0.663	0.000	0.263	0.189
バイク	0.122	0.000	0.440	0.438	0.094
なし	0.217	0.000	0.000	0.783	0.108
合計	0.084	0.445	0.169	0.302	1.000

この表は、世帯所得の増加により、保有率の変化を通して自動車分担率が増加することを例示している。

5. おわりに

本研究では、高雄都市圏のパーソントリップ調査の個別データを用いて、トリップ発生とバイクを中心とした交通手段選択の要因分析を行い、社会経済属性を考慮したモデルの適用性を保有・通勤交通手段同時選択モデルを例に検討した。主な結論は以下の通りである。

①トリップ発生率の大小は、職業の有無と職種、換言すれば、通勤・通学トリップの有無に強く関連している。今後、想定される所得増加を伴う職種の变化、女性の社会進出などにより、全体としての発生率は現段階では低いが、大幅に増加する可能性が大きいといえる。

②バイクと自転車、バスの選択要因として、社会経済属性がトリップ特性やサービス変数よりも説明力が大きく、今後の交通手段分担を考える上で重要である。特に、保有と免許による影響が顕著である。

③今後の所得水準の向上にともなって高雄都市圏の交通手段分担がどの様に变化するのかに着目し、バス、自動車、バイク、自転車の4手段を含む保有・通勤交通手段同時選択モデルをNLモデルにより分析した結果、所得による影響は、保有パターンの変化を通して通勤交通手段分担率を大きく変化させることが例示できた。社会経済属性を考慮したモデルの適用性は高いと考えられる。

④総括的に、今後想定される就業構造変化に伴う所得水準の向上は、トリップ発生率を増加させると共に、バス・自転車からバイク、バイクから自動車への交通手段のシフトを引き起こし、道路交通の量的増大と質的变化をもたらすと考えられる。

【参考文献】

1. 林 華新、原田 昇、新谷洋二、台湾における交通特性の分析、土木学会第42回年次講演会
2. 林 華新、台湾における都市交通特性に関する研究—高雄都市圏を中心として、東京大学都市工学科修士論文、1988年
3. 中華民国交通部運輸計画委員会、高雄都会区大衆運輸系統專題研究、Vol. 3, 4, 5, 8, 11, 12、1982年