

# 集計ロジット機関分担モデルにおけるダミー変数の扱い\*

## The Cautionary Notes of Aggregate Logit Modal-choice Models .

江橋英治\*\*、西村 平\*\*\*、立石亮祐\*\*\*\*

By Eiji EBASHI\*\*, Taira NISHIMURA\*\*\*、Ryosuke TATEISHI\*\*\*\*

### 1 はじめに

交通量の4段階推計法において、機関分担モデルとして集計ロジットモデルが用いられる場合が多い。これは、ランダム効用理論に基づき変動項をガンベル分布と仮定して求まる非集計ロジットモデルと式の形式が同じであり、また、非集計ロジットについては最尤推定法による変数設定方法などが理論的に実用化されているためと考えられる。しかし、式の形式が同じであるといっても、集計モデルにおいては同様な係数設定方法が適切かについては十分な検討がなされないまま適用されているのが実情である。

本論文は集計ロジットモデルが、理論式ではなく、非集計ロジットモデルの考え方を援用した経験式であるということに則り、実際の調査検討の過程で明らかになった取り扱い、特にダミー変数の扱いについて、その適用方法に関し注意すべき事項を示すものである。

### 2 当初に機関分担モデルに適用した結果

佐賀都市圏新都市 OD 調査における機関分担モデルの一部において、自家用車、自転車、バスの三肢選択型の集計ロジットモデルを用いた。これは、佐賀都市圏の利用交通手段は鉄道利用およびタクシー利用が少なく、徒歩については近距離に限定されていること、比較的平坦な地形であるため自転車利用が多いこと、から、将来の自動車交通量削減や

\*キーワード:交通手段選択、総合交通計画

\*\*正員,国土交通省国土技術政策総合研究所都市施設研究室(〒305-0802 つくば市立原1番地0298-64-3949,E-mail [ebashi-e8810@nilim.go.jp](mailto:ebashi-e8810@nilim.go.jp))

\*\*\*佐賀県 まちづくり推進課 副課長

\*\*\*\*正員,(株)福山コンサルタント本社事業部調査部次長(〒802-0062 北九州市小倉北区片野新町1-11-4, 093-931-3101 , FAX093-932-1282 , E-mail [tateishi@fukuyamaconsul.co.jp](mailto:tateishi@fukuyamaconsul.co.jp))

交通弱者対策を検討する上では、自家用車、自転車、バスの分担率を1つのモデルによって決定することが有効であると考えられるためである。また、将来の交通行動の推計に関しては、高齢化および免許保有者の増加(特に高齢者の保有率の増加)の影響が大きいだろうという仮定から、モデルの変数として、高齢者比率、および免許保有率をダミー変数として導入することとした。

トリップの目的別に推計した式の係数は表1の通りであり、それぞれ重相関係数は高く推計上有効であると判断でき、そのモデルを適用して、20年後の機関分担率を推計した。

表 - 1 当初推計の機関分担モデル

目的	手段	乗換回数(回)	運行本数(本)	所要時間(分)	運賃/距離(円/km)	高齢化率(%)	免許保有率(%)	定数項	重相関係数	分担率	
										H1(鉄道)	H3(バス)
通勤	バス	-0.041	0.002		-0.004	0.019	-0.006	-0.021		1.98%	1.26%
	自転車			-0.035	0.002	-0.009	-0.078		0.91	13.3%	16.0%
	自動車				-0.004	0.003	0.002	0.013		72.84%	75.28%
通学	バス	-14.863	0.120		-0.076	-0.015	0.054	-1.267		1.21%	0.62%
	自転車			-0.057		0.164	-0.011	0.021	1.00	37.25%	50.08%
	自動車				-0.076	-0.099	0.002	0.008		10.81%	3.66%
私用 買物、社交、娯楽	バス	-0.444	0.000		-0.006	0.076	-0.008	-0.013		2.14%	2.26%
	自転車			-0.092		0.025	0.000	0.069	0.96	26.71%	27.61%
	自動車				-0.006	-0.002	0.000	0.035		53.82%	58.42%
私用 その他、帰校	バス	-0.162	0.002		-0.015	0.030	0.002	-0.132		2.92%	2.61%
	自転車			-0.091		0.022	-0.003	0.008	0.78	18.33%	19.63%
	自動車				-0.015	-0.002	0.000	-0.001		66.07%	67.37%
業務 業務以外	バス	-12.620	0.000		-0.030			1.628		0.70%	0.48%
	自転車			-0.143				-1.347	1.00	10.34%	11.34%
	自動車				-0.030			0.160		82.38%	81.8%
業務 農林漁作業	バス	-8.908	-0.224		-0.079			-9.023		0.00%	0.00%
	自転車			-0.469				0.143	1.00	16.10%	18.24%
	自動車				-0.079			0.006		64.83%	63.00%
帰宅 通勤・通学以外	バス	-14.695	0.054		-0.111	0.193	0.033	-2.015		1.71%	5.19%
	自転車			-0.238		0.011	0.034	0.018	0.99	26.09%	24.25%
	自動車				-0.111	0.007	0.000	0.003		47.08%	54.14%
帰宅 通勤・通学以外	バス	-9.520	0.007		-0.024	0.054	-0.006	-0.009		2.34%	2.09%
	自転車			-0.181		0.010	0.001	-0.142	0.95	22.72%	19.19%
	自動車				-0.024	0.000	0.000	0.002		59.44%	66.58%

この結果を見てみると、通学目的では自動車利用が大幅に減少し、また、帰宅(通勤・通学からの帰宅)においてはバス利用率が極端に上昇するとともに、通勤・通学の交通手段とのミスマッチが生じるという将来推計値として説明困難な結果が出たため、その再吟味が必要と考えられた。

### 3 当初のモデル構成における問題点

ロジットモデルについては、従来より機関分担モデルに多用されてきており、モデル適用についての大きな問題はないものと考えられていたが、その信頼性について、「集計モデルである」という点も含めて根本に却って再検討した。このため、問題が発生しうるであろうポイントを数え上げ検討した。

## (1) 非集計ロジットモデルと非集計ロジットモデルの関係

非集計ロジットモデルはランダム効用理論に基づき、その変動項がガンベル分布に従うとして導出される。集計された機関分担データについても、個々のデータを非集計として扱った結果の総体と考えることができれば同様の理論的背景を考えることも可能である。現実には、各 OD 間の機関分担率は集計されており、個々の LOS データの差異が切り捨てられているので、変動項のみの違いによって生じているとはいえない。しかしながら、経験式という立場に立った大雑把な考え方においては、概ね類似の結果が得られると考えても良さそうである。したがって、非集計ロジットの取り扱いと同様な扱いが、モデル上なされているかが重要である。

## (2) ダミー変数の導入

ダミー変数として、高齢者比率、免許保有率の 2 つを導入している。しかしながら、この数値は非集計モデルにおいては、0 または 1 の二値関数であるが、集計モデルにおいては連続変数である。

さて、非集計モデルであれば、 $X_0$ ,  $X_1$  を他の要因による寄与分、 $P$  を高齢者比率（または免許保有率）、 $X_n$  を高齢者に特有の寄与部分とした場合、全体の分担率は高齢の分担率と非高齢の分担率の比で表せるから、

$$\text{分担率} = p \times \frac{e^{(x_0 + X_n)}}{e^{(x_0 + X_n)} + e^{x_1}} + (1 - p) \times \frac{e^{x_0}}{e^{x_0} + e^{x_1}}$$

という形式をとる。この場合、 $X_n$  で代表される属性データ以外の他の寄与分が同一であるという仮定（これは、時間と乗り換えの一般化費用のパラメータが、高齢と非高齢とで同じであるといった仮定にあたる）が置かれている訳であるが、その点は別途、一部は(4)で検討する。

一方、ここで用いた集計モデルでの式の形式は、同様な変数表現を用いて

$$\text{分担率} = \frac{e^{(X_0' + p \times X_n')}}{e^{(X_0' + p \times X_n')} + e^{X_1'}}$$

という形式で定式化している。この 2 つは、明らかに定式化が異なる。この 2 つの式に数値を代入したものが図 - 1 であり、異なったモデルであることがわかる。すなわち、集計モデルの式は、地域の総体

としての高齢化率が機関分担に影響を及ぼすという形式であって、高齢者と非高齢者の機関選択行動が異なることを定式化しているとは解釈できない。

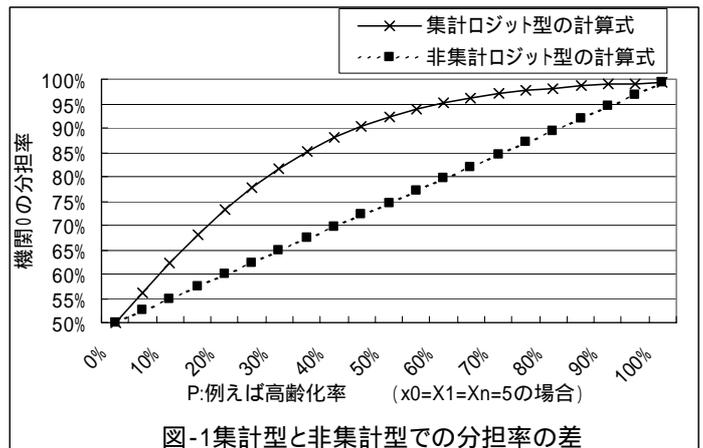


図-1集計型と非集計型での分担率の差

この場合、高齢化率という説明変数の意味付けは困難で、率が機関選択行動に対し線形的に働くという解釈ができない以上、ダミー以外の他の説明変数を、一般化価値と解釈することも困難である。

さらに、現況のデータの高齢化率の範囲と、将来の高齢化が進行した場合の高齢化率の範囲は差異が生ずるので、図のような曲線形を短い区間に集中する現況データで推計し、将来値は外挿によって推測するということになる。外挿は一般に大きな偏差を生ずる可能性があり適切性は低いといえる。ここで明らかになったことは、状況変化をモデルに表現する場合に、意味を考慮せずに単純にダミー変数として加えることは避けるべきということである。

これに対して、高齢者・非高齢者、免許保有・非免許保有のクロスの 4 区分を用いてモデルを策定すれば、非集計モデルのモデル化とも類似させることができる。即ち、交通行動が異なる者の比率が変化すると考えたほうが、予測モデルとして適切である。また、各モデルの解釈もダミー変数がないため容易であり、適切性の判断が行いやすくなる。

## (3) ダミー変数の適用範囲

集計モデルではデータ数は高々ゾーン数の二乗であるから、新たな説明変数を導入すれば、その変数が不適切であってもモデルの現況再現性は一般に上昇する。通常も予測モデルの論理チェックは行われるが、モデルの構造をイメージしつつ適切に判断する必要がある。

当初モデルでは、通勤および通学モデルに免許保

有率と高齢化率を組み込んでいる。本来は前提として「なぜ通勤・通学と高齢化率は相関すべきであり、1対1対応で組み込むことが適切か」の吟味が必要であった。高齢化率を組み込むことは一般的には高齢者の行動を組み込み、高齢化率の上昇をモデルに再現させるためであると考えられる。しかし、高齢者の通学はきわめて稀であり、高齢者の通勤は少ない。また、高齢者の通勤が通勤目的という区分で機関分担上の差異が生じているとは考えづらい。即ち、高齢者の行動パターンが異なる原因は、体力の低下、無職化が大きな要因であると考えられるが、通勤している高齢者をこのパターンに当てはめる妥当性は少ない。また、通学と免許保有率の関係であるが、ここでいう免許保有率は地区全体の保有率であり、通学行動の説明要因としての適切性には欠ける。

その他、説明として考えられるのは、世帯レベルで高齢者が増加すれば、介護などの需要が生じ、通勤、通学に自家用車の利用が困難となるといった仮定であるが、説明力に乏しい。

即ち、トリップ目的との整合性、トリップを行う者との関係を吟味せずに、適合度を上げるため説明変数に導入することは問題がある。

#### (4) 発生集中、分布、機関分担の分野区分

高齢者の交通行動については、今後の交通計画に益々重要となる。これは、高齢化に応じて高齢者のトリップの割合が相対的に高くなること、これに対応してユニバーサルデザインの観点からの配慮の必要性が増すこと、高齢者の生き生きとした暮らしを支えるには外出が容易にできるようにすべきであること等の観点がある。

高齢者の免許保有・非保有別のトリップ数を交通手段別に区分したものが図-2、また、トリップ長別に並べたものが図-3である。トリップ発生量そのものに明確な差異があり、これを機関分担段階のみで再現することは不適當である。

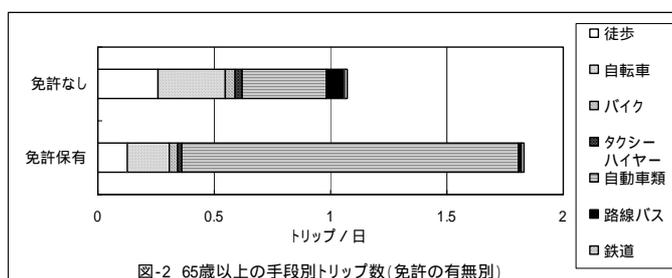


図-2 65歳以上の手段別トリップ数(免許の有無別)

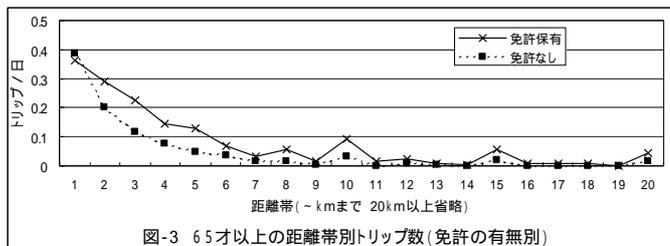


図-3 65歳以上の距離帯別トリップ数(免許の有無別)

手段別から伺えることは、免許の非保有が自動車利用を困難にさせ、代替としてのバス、自転車、徒歩の活用がなされる一方、出かけること自体をあきらめる傾向も伺える。(例えば免許保有高齢者は遠くの友人に気軽に会いに行くが、非保有であれば疎遠になるといったことは十分想像できる。)

また、距離帯別では免許のない高齢者は免許保有者に比較し、2km以上の距離の行動が抑制されており、1km以下のトリップ数の逆転は「近くで用事を済ませる」といった傾向を伺わせる。

このような発生段階でも差異が生じうる問題を、第3段の機関分担のみで再現させるということは、モデルの適用として不適切と考えられる。

#### (5) トリップチェーンと機関分担

現在の予測モデルはトリップを目的で区分しており、トリップチェーン(人の行動としてトリップが連続するという考え方)という概念は予測では用いていない。しかし、実際問題として、自動車通勤者がバスで帰宅するという状態が恒常的に続くことはありえない。即ち、各個人の出発時の交通機関分担の選択は、帰宅トリップを考慮して行われ、特に交通用具(自動車、自転車)利用者はほぼその観点に拘束されている筈である。したがって、モデル化が容易にできるからという理由で帰宅トリップまで同様なモデルを作成することは避けるべきである。モデル化によって現況再現性は向上するであろうが、将来予測において、通勤・通学トリップとの対応関係が崩壊することは交通行動を表現したモデルとしての適切性を欠く。

#### 4 発生集中から機関分担モデルまでの再検討

以上のような検討の結果、発生モデルを区分し、機関分担モデルについては変数の適切性を再考の上、ダミー変数を廃しその代わりに特性毎に区分してモデルを組み立てた。その結果は、モデル式、

分担率の将来予測結果は 表 - 2 のとおりとなった。

表 - 2 修正後の機関分担モデル

目的	手段	乗換回数 (回)	運行本数 ピーク時(本)	運行本数 (本)	所要時間 (分)	運賃 / 距離 (円/km)	定数項	重相関係数	分担率		
									H11推定	H32予測	
通勤	バス								1.98%	1.75%	
									18.35%	14.18%	
	自転車								72.84%	77.19%	
	免許有	バス									
免許有	自転車										
通学	バス								1.21%	1.72%	
									37.25%	41.77%	
	自転車								10.81%	13.45%	
	65未満無	バス								2.14%	2.18%
										28.71%	21.89%
65未満無	自転車										
65未満有	バス										
65未満有	自転車										
私用 業務、社交、娯楽	65未満無	バス							2.92%	2.96%	
									18.33%	13.23%	
	65未満無	自転車								66.07%	74.02%
	65未満有	バス									
65未満有	自転車										
65超無	バス										
65超無	自転車										
私用 その他、娯楽	65未満無	バス							0.70%	0.58%	
									10.34%	9.54%	
	65未満無	自転車								82.38%	81.58%
	65未満有	バス									
65未満有	自転車										
65超有	バス										
65超有	自転車										
業務 業務以外	免許有	バス									
	免許有	自転車									
	免許無	バス									
免許無	自転車										

この結果は、常識の範疇（因果関係が説明可能）であり、モデルも説明可能な形式になり、予測モデルとしての適切性は上昇したと思われる。説明可能な形式となったことから、これらの係数の比較等によって、例えば以下のようなことが言える。

1. 免許の有無、高齢者・非高齢の選択の差異を定数項のみで説明することは困難である（各種要因の影響度合いは属性ごとに異なる。）
2. 移動コスト（運賃）は通勤免許なし、通学で比較的大きな係数を持っており運賃補助などは非所有者の行動に影響しやすい。
3. バスの乗り換え抵抗は大きく効いており路線変更、結節点円滑化施策は効果的である。
4. 私用等について、所要時間の効果は免許保有者の方に大きく影響するため、道路円滑化のみでは免許非保有者にしわ寄せが及ぶので、交通弱者対策を併せ行うべきである。

### 5 まとめと今後の課題

交通量推計においては、各種モデルの適合性を判断するにあたって、現況再現性を判断材料にしている。しかし、現況再現は必要条件であるが十分条件ではないことは明らかである。このため、モデルの構造をイメージしつつ、そのモデルが適切であるかを判断する必要がある。

ロジットモデルによる予測式の導出過程は、ランダム効用理論および LOS データのばらつき条件による現況交通機関分担状況の分析過程そのもので

ある。即ち、「モデル形式が説明できる」ということは「現況分析」そのものであると言えるので、予測式策定過程というブラックボックス的な立場での検討でなく、これを現況分析と位置付けることでチェックが可能となると考えられる。また、そのことによって、機関分担を変える手段として、どのような施策を取ればよいか（例えば、バス専用レーンと乗り継ぎ利便性向上のどちらが効果的かなど）についても明らかにできる。

あくまで、モデルはあくまでモデルであり、それが現実を説明できて、また、将来予測に用いることが妥当であるかの吟味は、モデルの構造を知った上で行う必要がある、本論文に示した機関分担モデル変更の例は、モデル作成段階のチューニングの必要を再認識させる結果であったといえる。なお、本論文においては、以下の事項を明らかにした。

今後変化するような内容を、モデル構造を勘案せず単純にダミー変数に入れて、その将来変化が適切に反映できると期待することはできない。高齢化といった将来変化する問題は、モデルのどのレベルで検討すべきかの吟味が必要であり、上流段階から勘案すべきである。

予測モデルは現況分析ツールであると考え、現況分析に活用することで、不適切な予測モデルを組み立てるリスクを減ずることができる。トリップチェーンの再現可能性はモデルの適切性を判断する1つの方法になる。

モデルのチューニングは必要であり、そのためにも実務においては理解容易でハンドリングできるモデルの適用が適当である。

なお、集計ロジットモデルをはじめとして、実務的に採用されているモデルは必ずしも理論的な裏づけが十分でないものが多い。また理論的でないことから研究分野で取り上げられることも少なく、このことが誤用を招く一因となっている可能性もあり、実用モデルと理論の橋渡しとなる研究が重要である。

### 参考文献

- 1) 土木学会土木計画学研究委員会編:非集計行動モデルの理論と実際,土木学会,1995