

# Empirical test of a constrained choice discrete model: Mode choice in Sao Paulo, Brazil

Swait, J., Ben-Akiva, M.

Transportation Research Part B, Vol.21, No.2, pp.103-115, 1987.

2008/06/11 (水)

論文ゼミ#7

M1 藤井敬士



# 概要

- PLCモデルの特性を検証
  - 多項ロジットモデルとの比較(適合度, 予測の論理性, モデル間の予測の違い)

# 論文の構成



1. はじめに
2. PLC(Parameterized Logit Captivity )モデル
3. データの説明
4. モデル推定結果
5. 予想される消費者の反応
6. 結論

# 離散選択モデルの選択肢集合

- 最も初期のモデル(たとえば, *Rassam et al*(1971) や *Domencich and McFadden*, (1975))
  - すべての意思決定者が同じ選択肢集合を持つと仮定
- “dogit”モデル(*Gaudry and Dagenais* (1979))
  - それぞれの個人は, ある選択肢を継続的に利用する captive層と, MNLモデルに従って完全な選択肢集合から選択する non-captive層に分かれる.
  - *Ben-Akiva*(1977)は, さらに, 完全な選択肢集合と(完全な選択肢集合 - 1)という状況を仮定した.

# PLCモデル

- dogitモデル

$$P_i = \frac{u_i}{\underbrace{i+u}_{\text{captive}}} + \left( \frac{1}{\underbrace{1+u}_{\text{non-captive}}} \right) \underbrace{P_{i|C}}_{\text{MNL}}, \quad \forall i \in C$$

$$u = \sum_{j \in C} u_j$$

$C$ : 個人の選択肢集合

$i, j$ : 選択肢

$u_i$ : 選択肢  $i$  の *captive* 層である確率

# PLCモデル

- Ben-Akivaは以下を主張

$$u(X_i) = \exp(DX_i), \quad \forall i \in C$$

$$P_i = \frac{e^{DX_i}}{i + \sum_{i \in C} e^{DX_i}} + \left( \frac{1}{1 + \sum_{i \in C} e^{DX_i}} \right) \frac{e^{BY_i}}{\sum_{i \in C} e^{BY_i}}, \quad \forall i \in C$$

選 実 際 集 選 根 成 段 階  
選 実 際 集 選 根 成 段 階

$X_i, Y_i$ : 意思決定者の社会属性と選択肢*i*の特性のベクトル

$D = (d_1, \dots, d_k, \dots, d_K)$ : パラメータベクトル

$B = (b_1, \dots, b_k, \dots, b_K)$ : MNLのパラメータベクトル

# PLCモデルの特徴



- 選択肢集合生成の過程を記述
  - 選択肢の利用可能性に関する制約の大きさを記述できる
  - dogitモデルでは定数で与えていたcaptive-non-captiveの確率をパラメータ化することにより, より柔軟に選択肢集合生成の過程を記述

# 使用したデータ

- サンパウロO/D調査(1977)

選択肢集合	トリップ数
バス, 自動車運転, 自動車同乗	67
バス, 自動車運転, 自動車同乗, 電車	231
バス, 自動車運転, 自動車同乗, 徒歩	942
バス, 自動車運転, 自動車同乗, 電車, 徒歩	486
	<hr/> 1726

- 選択肢に含めるものは, ネットワークがつながっていて, 旅行時間が最大値(電車は4時間, 他は3時間)より短いものとする.



# 推定結果

Table 1. São Paulo AM peak home-based work mode choice models

Variables	Estimated Parameters	
	Logit	Parametrized Logit Captivity
<i>Utility Functions</i>		
1. Constants		
—Walk	—0—	—0—
—Bus	—0.98 (—3.4)	—12.44 (—2.2)
—Auto Drive	—4.80 (—11.0)	—5006.73*
—Auto Passenger	—4.42 (—10.7)	—15.58 (—2.7)
—Rail	—2.29 (—5.1)	—15.31 (—2.7)
2. Travel Time, door-to-door, one-way, in minutes		
time if time > 0 and ≤ 30	—0.0844 (—7.7)	—0.4864 (—2.6)
30 o.w.		
—Walk time-30 if time > 30	—0.252 (—7.4)	—0.0583 (—4.6)
0 o.w.		
—Bus	—0.0117 (—2.5)	—0.0524 (—5.2)
—Auto Drive and Auto Passenger	—0.0310 (—2.4)	—0.0902 (—2.9)
—Rail	—0.0003 (—0.1)	—0.0112 (—2.2)
3. One-Way Travel Cost (Cr\$ 1977)/ Income (defined in item 4, below)		
—Walk	—0—	—0—
—Bus	—647.6 (—4.2)	—282.4 (—0.8)
—Auto Drive and Auto Passenger	—76.4 (—1.6)	—106.8 (—0.7)
—Rail	—706.1 (—3.8)	—1086.5 (—2.5)
4. Income = Personal monthly income (Cr\$ 1977) if visitor or boarder = Household monthly income (Cr\$ 1977), otherwise		
—Walk	—0—	—0—
—Bus	—2.5E-6 (—0.2)	99.9E-6 (1.6)
—Auto Drive	22.5E-6 (2.2)	168.6E-6 (2.4)
—Auto Passenger	9.0E-6 (0.6)	94.9E-6 (1.1)
—Rail	—10.4E-6 (—0.5)	75.9E-6 (1.1)
5. Members = 0 if visitor or boarder = # household members o.w.		
—Walk	—0—	—0—
—Bus	—0.082 (—2.3)	—0.248 (—2.6)
—Auto Drive	—0.128 (—2.7)	—0.636 (—2.9)
—Auto Passenger	—0.092 (—1.6)	—0.502 (—3.1)
—Rail	—0.141 (—2.6)	—0.267 (—2.4)
6. Auto Availability = 0 if visitor or boarder = #cars/#workers o.w.		
—Walk	—0—	—0—
—Bus	—0.911 (—3.5)	—1.153 (—1.2)
—Auto Drive	1.220 (6.2)	3.571 (2.4)
—Auto Passenger	—0.295 (—0.8)	—0.951 (—)
—Rail	—0.350 (—0.9)	—0.748 (—)
7. Auto Ownership = 1 if h.h. owns 1+ autos = 0 o.w.		
—Auto Drive	2.66 (6.8)	4990.57 (809.8)
—Auto Passenger	1.86 (5.4)	1.22 (1.0)
8. Head of Auto-owning Household for Auto Drive alternative = 1 if h.h. owns 1+ autos and worker is head of h.h. and mode is Auto Drive = 0 o.w.		
	0.65 (3.2)	0.05 (0.1)

9. Worker with secondary or university education for Auto Drive and Passenger Modes = 1 if worker has secondary or university education and mode is Auto Drive or Passenger = 0 o.w. 0.38 (2.3) 0.56 (1.3)

10. Gender for Auto Drive = 1 if female worker and Auto Drive —1.21 (—4.9) —1.33 (—1.6)

<i>Captivity Functions</i>		
1. Walk Alternative		
—Constant	—∞	—3.41 (—4.0)
—Income	—∞	17.1E-6 (0.8)
—Members	—∞	—0.095 (—0.8)
—Auto availability	—∞	—0.761 (—0.8)
—Gender (1 if female; 0 if male)	—∞	0.24 (0.2)
—Head of household (1 if worker is head; 0 otherwise)	—∞	—1.63 (—2.1)
—Age, in years	—∞	0.063 (2.9)
—Gender*Age	—∞	—0.051 (—1.1)
2. Bus Alternative		
—Constant	—∞	—0.95 (—2.9)
—Income	—∞	—5.7E-6 (—0.2)
—Members	—∞	—0.069 (—1.1)
—Auto availability	—∞	—0.910 (—1.9)
3. Auto Drive Alternative		
—Constant	—∞	—4.22 (—8.5)
—Income	—∞	8.3E-6 (0.5)
—Members	—∞	—0.010 (—0.2)
—Auto availability	—∞	0.568 (2.2)
—Head of household	—∞	0.70 (2.5)
—Auto owning household	—∞	3.02 (7.2)
—Secondary or university education	—∞	0.31 (1.3)
—Gender	—∞	—1.31 (—3.0)
4. Auto Passenger Alternative		
—Constant	—∞	—5.25 (—5.8)
—Income	—∞	9.9E-6 (0.6)
—Members	—∞	0.077 (0.9)
—Auto availability	—∞	—0.397 (—0.8)
—Auto owning household	—∞	2.93 (3.9)
—Gender	—∞	0.18 (0.5)
5. Rail Alternative		
—Constant	—∞	—0.72 (—1.1)
—Income	—∞	9.5E-6 (0.3)
—Members	—∞	—0.495 (—2.0)
—Auto availability	—∞	—0.183 (—0.2)

Summary Statistics

—# parameters 29 29

Sample Description—Observed Choices	
Walk	409
Bus	626
Auto Drive	466
Auto Passenger	95
Rail	129
Total	1725

すべて—∞にするとMNLに一致

# 推定結果

## Summary Statistics

—Log likelihood for random choice  
—Log likelihood at convergence  
—rho squared  
—rho-bar squared (Akaike)  
—# parameters

—2480.5  
—1437.0  
0.4207  
0.4090  
29

—2480.5  
—1394.2  
0.4380  
0.4146  
59

$$\chi^2 = -2(-1437.0 + 1394.2) = 85.6 > 50.9 (\text{自由度30の99\%信頼区間の値})$$

→パラメータを30個追加した結果, 純粋なMNLモデルよりも統計的に優れたモデルとなった.

# 消費者の反応に関する予測

- 旅行時間, 費用, 世帯収入がそれぞれ変化した場合にどのような反応を示すかを予測.
- 弾力性をそれぞれのモデルについて, それぞれの変化が起こった場合に計算.

弾力性: Aが変化したときにBがどれくらい変化するかを表す値. (Bの変化率/Aの変化率)

# 旅行時間が一律2倍になった場合

MNL モデル

		弾力性				
		バス	自動車運転	自動車同乗	電車	徒歩
変化させた手段	バス	-0.23	0.08	0.23	0.41	0.09
	自動車	0.09	-0.14	-0.25	0.14	0.04
	電車	0	0	0	-0.02	0
	徒歩	0.15	0.07	0.13	0.04	-0.35

PLCモデル

		バス	自動車運転	乗	電車	徒歩
変化させた手段	バス	-0.45	0.07	.85	0.88	0.14
	自動車	0.08	-0.1	.26	0.13	0.01
	電車	0.05	0.01	0.03	-0.3	0
	徒歩	0.07	0.02	0.03	0.02	-0.14

PLCモデルでより小さな反応

→captive層からnon-captive層に変化する閾値を越えない限り変化が起こらないという性質



## 結論

- dogitモデルの一般化であるPLCモデルの特性について分析した.
- 今回のデータにおいてはMNLに比べて統計的に優れていた.
- サービスレベルが変化した時のシミュレーション結果も、モデル間でかなり異なっていた.