

# ベイズ法による多項プロビット応急住宅選択モデルの推定\*

## Bayesian Estimation of Multinomial Probit Temporary Housing Choice Model\*

佐藤慶一\*\*

By Keiichi SATO\*\*

### 1. はじめに

都市災害後の復旧・復興対策において、応急住宅対策は大きな対策課題の1つである。我が国には、多様な応急居住支援制度があるが、それらが巨大災害時にいかに機能するのか定かでない。想定被害に対して、どのような居住推移が発生するか需給関係を適切に捉えた形でシミュレーションし、種々の政策実験を行ない事前検討し、支援体制を適正化することが望まれる。そのようなシミュレーションの実現には、被災者の住宅選択行動の記述が不可欠である。

離散選択行動の記述には、従来、多項ロジットモデルやネステッドロジットモデルが用いられてきた。しかし、モデル推定に用いられる最尤法では、誤差項の相関や分散を柔軟に扱えず、また外れ値が存在する場合に頑健にモデルを推定できないという課題があった。

一方、誤差効用項ベクトルを多変量正規分布と仮定した多項プロビットモデルの場合は、選択肢間の誤差項の相関や分散を表現できる。しかし、選択確率式には多次元の多重積分が残り、実務的に計算が極めて困難であった。近年、多項プロビットモデルを、ベイズ法を応用して推定する方法が開発されており、計量経済分析等で実証的な研究も進展してきている。

本研究では、災害後の応急住宅選択行動を対象として、多項プロビットモデルのベイズ法によるパラメータ推定を行い、従来モデルとの結果を比較し、事前の復旧・復興政策分析への影響に関する実証的考察を行う。

### 2. 住宅喪失世帯の応急住宅選択モデル

#### (1) 仮想的な応急住宅選択データの収集

図1に示すように、首都直下地震により建物被害が見込まれる地域を対象としてアンケート調査を実施した。

\*キーワード：防災計画，応急住宅対策，離散選択分析，ベイズ統計，Markov Chain Monte Carlo法  
 \*\*正員，博士（政策・メディア），東京工業大学都市地震工学センター（住所：神奈川県横浜市緑区長津田町425-9-G3棟-3，TEL：045-924-5618，FAX：045-924-5574）

構築した。調査システムは、行政支援設定・仮設住宅条件設定・賃貸物件抽出の3つのCGIプログラムから構成され、回答者特性や賃貸住宅空家データベースに基づいて、回答者に応じた仮想状況設定と設問が提示される仕組みとした。

調査は、2007年1月に実施し、概ね各地区で200票以上を確保できた。調査サンプルの各地区における世帯属性比率は、国勢調査と大体同じ傾向であった。

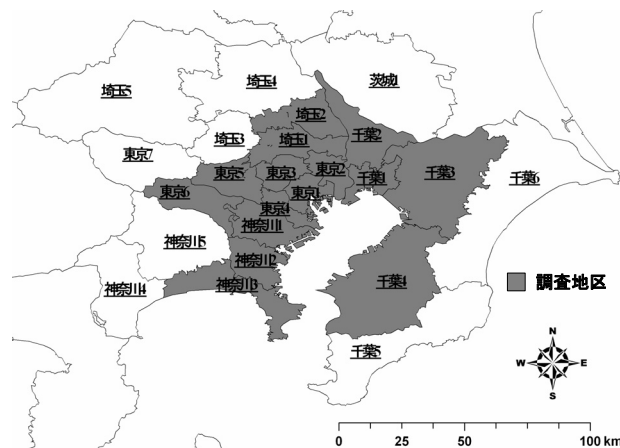


図1 地区区分の設定および調査対象地区

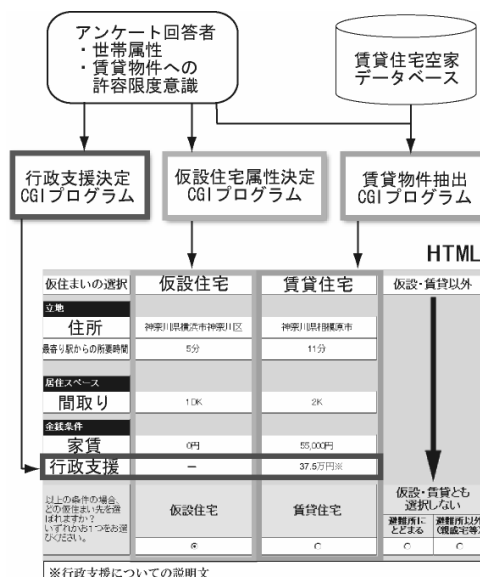


図2 インターネット調査システムの概要

(2) 最尤法による地区モデルのパラメータ推計

最尤法で、調査区分の地区ごとに多項ロジットモデル(ML)のパラメータ推計を行った。一部の地区では、統計的に有意とならないパラメータが多く、シミュレーションへの利用には検討の余地が残った。

表1左側に、特に統計的に有意とならないパラメータが多かった東京1の地区モデルの推定結果を示す。t値が1.96以上の値のマス背景を灰色とした。t値が有意な変数は限定的であることが分かる。

3. ベイズ法による多項プロビット応急住宅選択モデルの推定

多項プロビットモデル(MP)は、Markov chain Monte Carlo法<sup>1)</sup>により、繰り返し計算期間を5000、移動検査期間を500とし、パラメータ事後分布の平均値と標準偏差を算出した。

表1右側に、東京1地区の多項プロビットモデル(MP)の結果を示す。全ての変数において、MLモデルの推定値は、MPモデルのパラメータ事後分布の平均値±標準偏差の範囲に存在し、両モデルの適合性が相互互換的に示された。

MLモデルでは、subsidy2とsubsidy3のパラメータ値が統計的に有意でなく、シミュレーションで重要となる政策変数の扱いに問題が生じる。図3左側の標本の時系列プロットを見ると、各パラメータが状態空間をまんべんなくサンプリングしている様子が伺え、図3右側の周辺事後密度関数を見ても、やや歪んでいるが正規分布に近い形をしている。推定結果も、最尤法と似た数値を得ておりシミュレーションへの利用が可能と判断できる。

サンプルデータに推計モデルを適用して選択確率を算出し、選択確率が最大のものを選択するとして、的中率を算定すると、MPモデルでの中率が6%程度向上し、MPモデルのシミュレーションでの有用性が確認された。

以上のように、首都直下地震後の応急住宅選択モデルの1つにおいて、最尤法では統計的に棄却せざるを得ない変数についても、MCMC法により妥当なパラメータ値を得られ、予測精度が若干向上した。今後、他の地区モデルや計算方法の適用を通じて、ベイズ推定利用の是非を詳細に検討したい。

参考文献

- 1) K. Imai, and David A. van Dyk. 「A Bayesian Analysis of the Multinomial Probit Model Using Marginal Data Augmentation」 Journal of Econometrics, Vol. 124, No. 2, pp. 311-334, 2005.

表1 MLモデルとMPモデルの推定結果

適合度指標	ML		MP	
サンプル数	800		800	
調整済み尤度比	0.33		—	
MCMC描画数の中率	—		1125	
	0.515		0.573	
変数名	coef.	t値	mean	std.dev.
time	-0.02	-3.03	-0.01	0.01
floor	0.17	1.74	0.15	0.10
rent	-0.09	-5.19	-0.07	0.02
tokyo1	1.05	2.67	0.80	0.42
tokyo2	0.39	0.89	0.35	0.43
tokyo3	0.19	0.44	0.22	0.41
tokyo4	0.43	0.97	0.28	0.44
tokyo5	-0.55	-1.31	-0.34	0.41
kanagawa1	-0.02	-0.05	-0.07	0.48
saitama1	-0.13	-0.22	-0.12	0.51
chiba1	-0.62	-1.02	-0.41	0.55
chiba2	-0.68	-1.07	-0.44	0.55
d01	1.24	1.97	0.57	0.54
d02	1.49	2.69	0.78	0.53
age_prefab	-0.04	-0.42	-0.01	0.05
age_rental	-0.30	-3.39	-0.26	0.11
number_prefab	-0.14	-1.57	-0.08	0.05
number_rental	-0.19	-1.91	-0.17	0.10
own_prefab	-0.35	-1.44	-0.15	0.14
own_rental	-0.33	-1.36	-0.20	0.22
income_prefab	0.27	2.15	0.03	0.03
income_rental	0.54	4.23	0.12	0.05
month_prefab	-0.23	-1.15	-0.17	0.12
month_rental	0.30	1.46	0.32	0.20
leads_prefab	-0.30	-1.20	-0.14	0.15
leads rental	-0.49	-1.91	-0.38	0.25
subsidy1_rental	1.14	4.08	1.01	0.35
subsidy2_rental	-0.01	-0.59	0.00	0.01
subsidy3_rental	0.13	1.70	0.13	0.08
prefab:prefab	—	—	1.00	0.00
prefab:rental	—	—	0.56	0.43
rental:rental	—	—	3.32	1.70

表2 説明変数の定義

変数名	定義	
選択肢属性	time	最寄り駅からの所要時間(分)
	floor	間取り(1:1R・1K, 2:1DK・2R・2K, 3:1LDK・2DK, 4:2LDK・3DK, 5:3LDK以上)
	rent	家賃(万円)
	tokyo1	立地(1:東京1, 0:東京1以外) 他も同様
	d01	選択肢定数(仮設住宅)
	d02	選択肢定数(賃貸住宅)
世帯属性	age	世帯主年齢(1:20代以下, 2:30代, … 5:60代以上)
	number	世帯人数(人)
	own	住宅所有形態(0:借家, 1:持家)
	income	世帯年収(1:300万円未満, 2:300万円台, … 9:1000~1499万円, 10:1500万円以上)
	month	震災経過月(0:1ヵ月後, 1:半年後)
leads	仮住まい当ての有無(0:無し, 1:有り)	
政策変数	subsidy1	災害救助法による賃貸住宅の借上げ
	subsidy2	被災者生活再建支援法による仮住まい経費額(万円/1回)
	subsidy3	想定家賃補助額(万円/月)

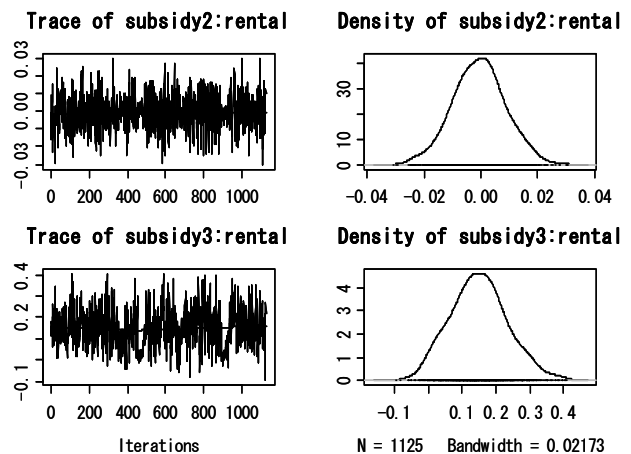


図3 政策変数の標本時系列プロット, 周辺事後密度関数