

地域間競争を考慮した 買い物頻度モデルの構築

- 大規模小売店舗の中心市街地への出店時の
買い物行動変化の分析への適用 -

山本俊行, 森川高行
名古屋大学

1. 背景と目的

バブル経済崩壊後の再構築・変革期

大手百貨店の倒産や巨額の負債を抱える大型小売チェーン
郊外化の進展で空洞化が進む地元の商店街の沈滞



駅前再開発等、中心市街地への大規模小売店の出店

例：名古屋駅ターミナルビル等



**環境の変化が買い物行動に及ぼす影響を
精緻に表現する買い物行動モデルの構築**

買い物行動のモデル化

- 離散選択モデル
 - 他地域との競合を明示的に考慮可能
 - 買い物頻度を考慮できない
- 多変量頻度モデル
 - 多地域の買い物頻度を同時にモデル化
 - 地域間の相関の表現が限定的



**地域間の自由な相関関係を考慮可能な
多変量頻度モデルの構築**

事前事後調査による観測

- パネル調査
 - 変化を直接観測可能
 - サンプルの脱落によるサンプル数の減少と偏り
- 繰り返し断面調査
 - 標本抽出が容易
 - サンプリグエラーにより変化の観測精度が低い



繰り返し断面調査を適用し，調査参加モデルを構築し，WESML推定により母集団代表性向上

2. 買い物頻度モデル

- 買い物強度が $\lambda_n = \exp(\beta X_n)$ の時、一定期間内に買い物回数が y_n である確率は

(ポアソン分布)

$$F_n(y_n) = \lambda_n^{y_n} \exp(-\lambda_n) / y_n!$$

β : 未知パラメータ

X_n : 説明変数ベクトル

- 買い物強度に非観測異質性がある場合

$$\lambda_n = \exp(\beta X_n + \psi_n)$$

ψ_n : ガンマ分布にしたがう

非観測異質性 (分散 $1/\theta$)

(負の二項分布)

$$F_n(y_n) = \frac{\Gamma(y_n + \theta)}{y_n! \Gamma(\theta)} \left(\frac{\lambda_n}{\lambda_n + \theta} \right)^{y_n} \left(\frac{\theta}{\lambda_n + \theta} \right)^\theta$$

多変量頻度モデル

- 多変量ポアソンモデル(単なる掛け算)

$$F_n(y_{n1}, y_{n2}, \dots, y_{nI}) = \prod_{i=1}^I \left\{ \lambda_{ni}^{y_{ni}} \exp(-\lambda_{ni}) / y_{ni}! \right\}$$

$$= \frac{y_{nT}!}{\prod_{i=1}^I y_{ni}!} \prod_{i=1}^I \left(\frac{\lambda_{ni}}{\lambda_{nT}} \right)^{y_{ni}} \frac{\lambda_{nT}^{y_{nT}} \exp(-\lambda_{nT})}{y_{nT}!}$$

$$y_{nT} = \sum_{i=1}^I y_{ni}, \quad \lambda_{nT} = \sum_{i=1}^I \lambda_{ni}$$

2. 買い物頻度モデル

- 非観測異質性があり各事象が独立の場合
(単なる掛け算)

$$\begin{aligned} & \Pr(y_{n1}, y_{n2}, \dots, y_{nI}) \\ &= \prod_{i=1}^I \left\{ \frac{\Gamma(y_{ni} + \theta)}{y_{ni}! \Gamma(\theta)} \left(\frac{\lambda_{ni}}{\lambda_{ni} + \theta} \right)^{y_{ni}} \left(\frac{\theta}{\lambda_{ni} + \theta} \right)^{\theta} \right\} \end{aligned}$$

- 非観測異質性が各事象間で同一の場合(正の相関のみ)

$$\begin{aligned} \Pr(y_{n1}, y_{n2}, \dots, y_{nI}) &= \frac{y_{nT}!}{\prod_{i=1}^I y_{ni}!} \prod_{i=1}^I \left(\frac{\lambda_{ni}}{\lambda_{nT}} \right)^{y_{ni}} \\ &\times \frac{\Gamma(y_{nT} + \theta)}{y_{nT}! \Gamma(\theta)} \left(\frac{\lambda_{nT}}{\lambda_{nT} + \theta} \right)^{y_{nT}} \left(\frac{\theta}{\lambda_{nT} + \theta} \right)^{\theta} \end{aligned}$$

頻度モデルのオーダードレスポンス モデルによる表現 (Castro et al. 2012)

(オーダードプロビットモデル)

$$\Pr(y_n) = \Pr[\mu_n(y_n - 1) < \varepsilon_n < \mu_n(y_n)]$$

$$\mu_n(k) = \begin{cases} -\infty & k = -1 \\ \Phi^{-1} \left\{ \sum_{l=0}^k F_n(l) \right\} & k = 0, 1, \dots \end{cases}$$

$$k = -1$$

$$k = 0, 1, \dots$$

ε_n : 標準正規分布
に從う誤差項
 F_n : 頻度モデル
 Φ : 標準正規累積
分布関数

閾値の関数をオーダード
プロビットモデルに代入
すると頻度モデルに帰着
することが確認できる



$$P(y_n) = \Phi[\mu_n(y_n)] - \Phi[\mu_n(y_n - 1)]$$

$$= \Phi \left[\Phi^{-1} \left\{ \sum_{l=0}^{y_n} F_n(l) \right\} \right] - \Phi \left[\Phi^{-1} \left\{ \sum_{l=0}^{y_n-1} F_n(l) \right\} \right]$$

$$= \sum_{l=0}^{y_n} F_n(l) - \sum_{l=0}^{y_n-1} F_n(l) = F_n(y_n)$$

多変量への拡張

(多変量オーダードプロビットモデル)

$$\Pr(y_{n1}, y_{n2}, \dots, y_{nI}) = \int_{\varepsilon_1 = \mu_{n1}(y_{n1}-1)}^{\mu_{n1}(y_{n1})} \int_{\varepsilon_2 = \mu_{n2}(y_{n2}-1)}^{\mu_{n2}(y_{n2})} \cdots \int_{\varepsilon_I = \mu_{nI}(y_{nI}-1)}^{\mu_{nI}(y_{nI})} \phi_I(\boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\sigma}) d\boldsymbol{\varepsilon}$$

 $\phi_I(\boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\sigma})$: I次元標準正規確率密度関数

(composite marginal likelihood推定量)

$$\begin{aligned} L_{CML}(y_{n1}, y_{n2}, \dots, y_{nI}) &= \prod_{i=1}^{I-1} \prod_{j=i+1}^I \int_{\varepsilon_i = \mu_{ni}(y_{ni}-1)}^{\mu_{ni}(y_{ni})} \int_{\varepsilon_j = \mu_{nj}(y_{nj}-1)}^{\mu_{nj}(y_{nj})} \phi_2(\varepsilon_i, \varepsilon_j, \rho_{ij}) d\varepsilon_i d\varepsilon_j \\ &= \prod_{i=1}^{I-1} \prod_{j=i+1}^I \left[\begin{aligned} &\Phi_2\{\mu_{ni}(y_{ni}), \mu_{nj}(y_{nj}), \rho_{ij}\} \\ &- \Phi_2\{\mu_{ni}(y_{ni}-1), \mu_{nj}(y_{nj}), \rho_{ij}\} \\ &- \Phi_2\{\mu_{ni}(y_{ni}), \mu_{nj}(y_{nj}-1), \rho_{ij}\} \\ &+ \Phi_2\{\mu_{ni}(y_{ni}-1), \mu_{nj}(y_{nj}-1), \rho_{ij}\} \end{aligned} \right] \end{aligned}$$

多重数値積分を
回避するため、
2次元の積で近似



3. データの概要

平成13年豊田市買い物行動意識調査

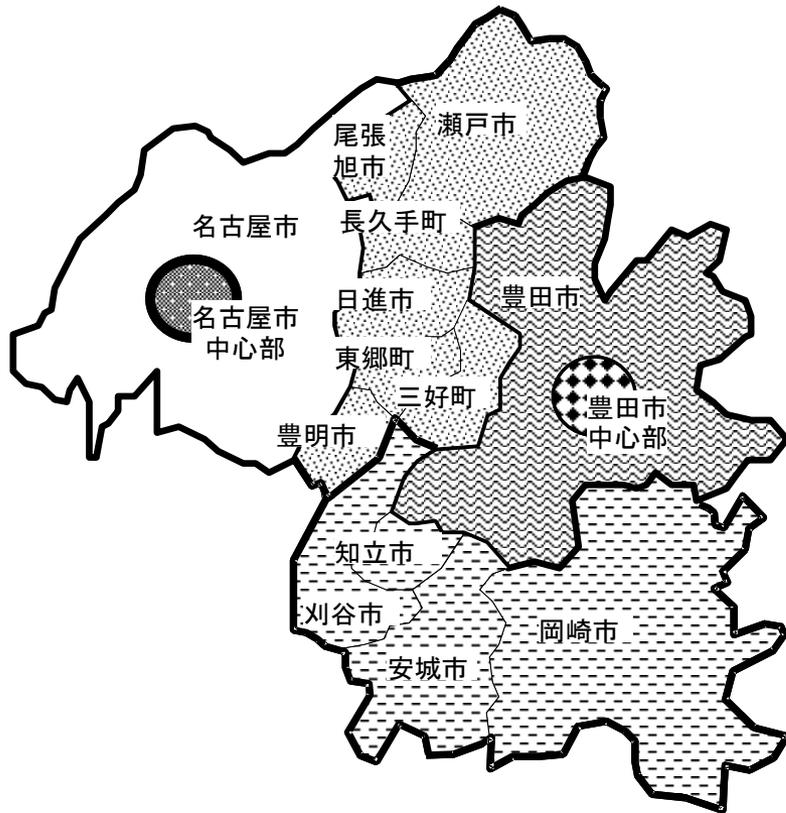
- 対象地域：愛知県豊田市
- 調査日：平成13年10月14日・11月18日
(松坂屋開店日 10月25日)
- 調査項目：1週間の買い物目的・目的地
- サンプル数：10月1384人, 11月1469人



松坂屋が豊田市中心部に開店した影響を分析

目的地別平均来訪頻度

買い物目的地分類



目的地別平均来訪頻度 (回/週)*

目的地	出店前	出店後	t値 / χ^2 値
豊田市 中心部	0.54 (1.22)	0.56 (1.18)	0.44 / 5.33
豊田市内 その他	1.36 (1.81)	1.33 (1.81)	-0.44 / 13.67
名古屋市 中心部	0.09 (0.37)	0.06 (0.32)	-2.31 / 11.03
豊田市 周辺西側	0.12 (0.44)	0.10 (0.37)	-1.31 / 1.66
豊田市 周辺南側	0.21 (0.68)	0.19 (0.62)	-0.82 / 2.56

* カッコ内は標準偏差を表す。

統計的には買い物行動の変化は有意ではない

無回答者の属性

無効票の内訳

調査日	拒否	不在	該当なし	死亡	転居転出	その他
10/14	182 50%	96 26%	16 4%	0 0%	55 15%	16 4%
11/18	189 45%	100 24%	28 7%	1 0%	68 16%	32 8%
合計	371 47%	196 25%	44 6%	1 0%	123 16%	48 6%

世帯人数別の平均年齢と無回答率(10月)

世帯人数	1人	2人	3人	4人	5人	6人	7人
無回答世帯	34	40	41	35	31	33	17
抽出世帯	39	50	38	32	32	35	36
無回答率	32%	20%	10%	12%	13%	13%	14%

世帯人数が少なく若い世帯ほど回答率が低い

4. 推定結果

推定手順

1. 調査参加モデルの推定
2. 各ケースの重みの算出
3. 重み付き買い物頻度モデルの推定
 - ポアソン分布モデル(各地域独立)
 - 負の二項分布モデル
(各地域の非観測異質性は独立)
 - 多変量負の二項分布モデル
(全地域の非観測異質性は共通)
 - 多変量オーダードプロビットモデル
(地域間の相関は自由)

調査参加モデル

パラメータ	推定値	t値
定数項	1.19	17.6
男性18才未満	-0.36	-3.1
男性18～39才	-0.43	-5.6
男性40～64才	-0.19	-2.2
女性18才未満	-0.26	-2.1
女性18～39才	-0.32	-3.8
子供(<18)の有無	0.11	1.6
一人暮らし	-0.69	-8.3
市北部居住	0.08	1.1
市東部居住	-0.11	-1.5
市南部居住	0.22	3.4

正:参加しやすい
負:参加しにくい

「参加する」「しない」という2項プロビットモデルにより推定

PT調査での重み付けは
性別・年齢階層・居住地
によって設定

世帯属性が含まれていない

重み付けには
世帯属性も
考慮すべき

買い物頻度モデル

	地域間の 相関	最終 尤度	AIC
ポアソン分布モデル	独立	-11406	22846
負の二項分布モデル	独立	-10263	20562
負の二項分布モデル	共通	-11117	22271
オーダードプロビットモデル	自由	-10202	20442

豊田市中心部と豊田市内その他の相関のみ
有意に負: 相関係数 -0.297 (t値 -11.47)

4. 推定結果

店舗床密度：地域面積に対する店舗床面積の割合の対数。

ただし主婦以外のみ

[集計分析結果]

主婦の買い物頻度は相対的に高く、特に最寄り品の買い物頻度が高い

- 品目を考慮していない本モデルの限界
- 品目別のモデル化は今後の課題

オーダープロビットモデル

変数名	推定値	t値
豊田市中心部	-0.115	-3.83
豊田市内その他	0.690	11.43
名古屋市中心部	-1.716	-16.65
豊田市周辺西側	-1.525	-18.82
豊田市周辺南側	-0.893	-12.04
男性18才未満	-0.883	-7.12
男性18～39才	-0.262	-5.36
男性40～64才	-0.477	-8.50
男性65才以上	-0.407	-4.56
女性18才未満	-0.838	-6.74
単身世帯	0.451	5.85
学生	-0.243	-2.43
無職	-0.175	-2.90
自動車非保有世帯	-0.303	-3.08
目的地が勤務地	0.659	8.36
トリップ所要時間(時間)	-5.679	-8.34
店舗床密度	5.428	5.30
θ	0.591	23.68

4. 結論

- 男性, 若年層, 単身世帯の調査参加確率が低い: 世帯属性も拡大係数の設定の際に考慮する必要がある
- 豊田市中心部への大規模小売店舗の出店は, 新たな買い物トリップを誘発するとともに, 周辺地域からの目的地転換効果も大きい
- 主婦層の買い物行動について本モデルでは十分に表現できていない: 属性別・品目別のモデル化が必要