

パネルデータ研究から長期観測へ： モデルのパラダイム

名古屋大学 山本俊行

発表項目

- 長期観測の時代へ
 - 変動について
 - 交通行動分析データの進展
 - 長期観測の利点
- 事例分析
 - スーパー出店が買い物行動に及ぼす影響
 - カーシェアリングが自動車保有および交通行動に及ぼす影響
 - プリズム制約と最初の外出時刻の変動
- 最後に

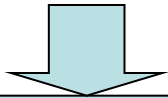
変動について(北村, 2003)

交通は移ろいやすく, 交通現象に変動はつきもの

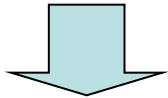
- 差異: 一断面における個体間の変動
- 変化: 特定の個体の系時的変動
- 変動: 確率過程的変動

交通行動分析データの進展

- クロスセクションデータ
 - 環境の異なる個人間差異



- パネルデータ
 - 時点間の個人の行動変化



- 長期観測データ
 - 個人内変動の考慮

長期観測の利点

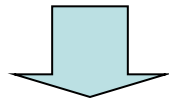
- クロスセクションデータ

$$y = f(x) + e(\text{差異, 変化, 変動})$$

- パネルデータ

$$y_t = f(x_t) + e(\text{差異}) + e_t(\text{変化, 変動})$$

$$y_{t'} = f(x_{t'}) + e(\text{差異}) + e_{t'}(\text{変化, 変動})$$



$$y_{t'} - y_t = f(x_{t'}) - f(x_t) + e_{t'}(\text{変化, 変動}) - e_t(\text{変化, 変動})$$

長期観測の利点

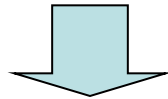
- 長期観測

$$y_{t1} = f(x_{t1}) + e(\text{差異}) + e_t(\text{変化}) + e_{t1}(\text{変動})$$

$$y_{t2} = f(x_{t2}) + e(\text{差異}) + e_t(\text{変化}) + e_{t2}(\text{変動})$$

$$y_{t'1} = f(x_{t'1}) + e(\text{差異}) + e_{t'}(\text{変化}) + e_{t'1}(\text{変動})$$

$$y_{t'2} = f(x_{t'2}) + e(\text{差異}) + e_{t'}(\text{変化}) + e_{t'2}(\text{変動})$$



$$\begin{aligned} E(y_{t'N}) - E(y_{tN}) &= E(f(x_{t'})) - E(f(x_t)) \\ &\quad + e_{t'}(\text{変化}) - e_t(\text{変化}) \end{aligned}$$

事例分析1：(山本ら, 2004)

スーパー出店が買い物行動に及ぼす影響

- 事前事後データの分析
- 事前と事後で異なるサンプル
 - 個人間差異を除去できない
 - 調査参加モデルの適用
- 一週間の行動データの利用
 - 個人内変動の除去を図る

1. 背景と目的

現在、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



**中小都市での大規模小売店立地による
人々の買い物行動の変化を定量的に分析**

1. 背景と目的

変化を把握するにはパネル調査が一番

使えない時

事前事後の繰り返し断面調査による分析

変化をより正確に把握する方法は？

- サンプルング誤差の修正
 - 調査参加モデルによる重み付け
- 買い物行動の特性の考慮
 - 1週間の行動データの利用
 - 他の目的地への買い物行動の考慮

2.調査参加モデルによる重み付け

- 通常のPT調査で用いられる年齢・性別による重み付けは不十分ではないか？
- 世帯属性を含めて調査参加モデルを構築
- 調査参加モデル推定結果を用いて
 - 集計分析時の各ケースの重みに適用
 - 買い物行動モデルの推定にWESMLを適用

2. 買い物行動の特性の考慮

- 買い物は毎日実行されるとは限らない
 - 1週間の行動データの利用(1日のデータによるモデルと精度比較)
 - 頻度モデルによるモデル化(1週間で最適な回数を実行している保証はない)
- 他の目的地への買い物行動の考慮
 - 多変量頻度モデルの適用

2. 適用モデル

- 多変量ポアソン回帰モデル
 - 観測期間: 1週間
 - 非観測異質性: 考慮せず
- 多変量負の二項分布モデル
 - 観測期間: 1週間
 - 非観測異質性: 目的地間独立 or 目的地共通
- ネスティッドロジットモデル
 - 観測期間: 1週間 or 1日
 - 非観測異質性: 目的地間で相関あり

3. 使用データ

- 使用データ:平成13年豊田市休日行動調査
買い物行動意識調査

休日PT調査:1日のデータ

買い物の目的・目的地等の調査:1週間のデータ

- 対象地域 : 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)

3. 使用データ

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%

「人数が少なく若い世帯ほど回答率が低い」

4.1 調査参加モデル

「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

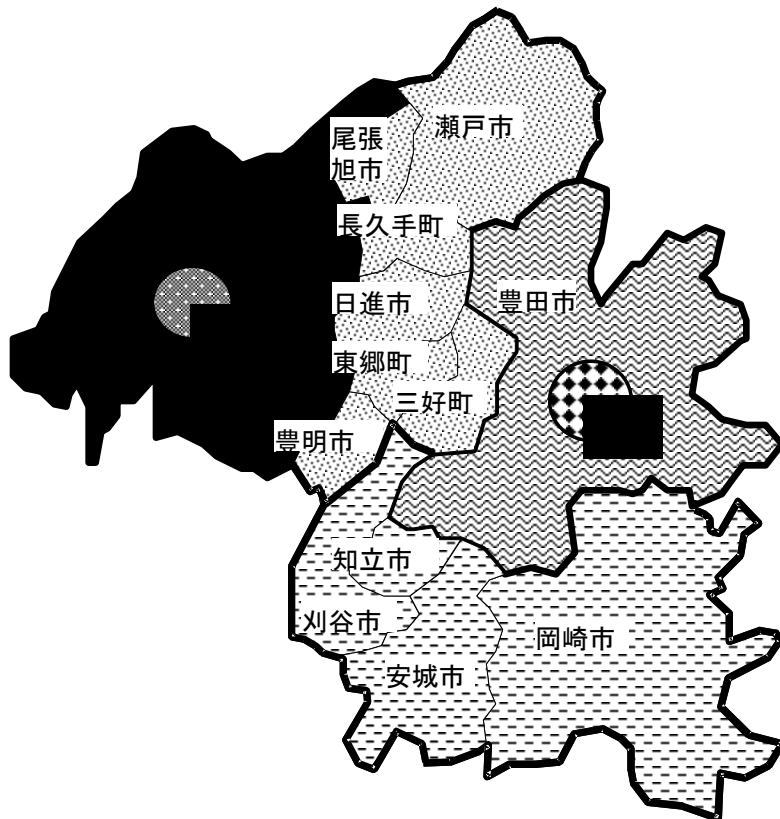
重み付けには世帯属性も考慮すべき

パラメータ	推定値	t値
定数項	1.19	17.6
男性0～17才	-0.36	-3.1
男性18～39才	-0.43	-5.6
男性40～64才	-0.19	-2.2
女性0～17才	-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

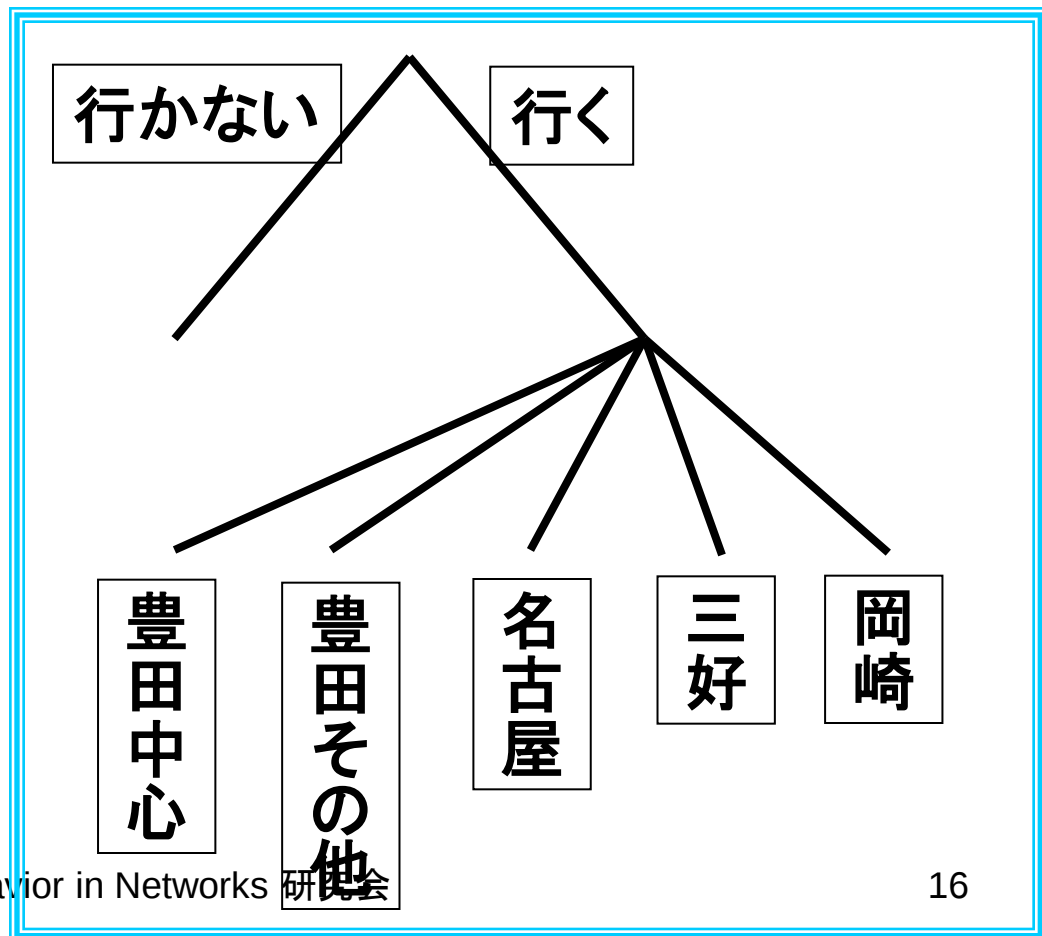
正: 参加しやすい
負: 参加しにくい

4.2 目的地の設定

目的地の分類



ネスティッドロジットモデル



4.2 推定結果

モデル	最終尤度
多変量負の二項分布 (非観測異質性: 目的地間独立)	- 10263
多変量負の二項分布 (非観測異質性: 目的地共通)	-11117
多変量ポアソン回帰	-11406
ネステッドロジット(1週間データ)	-18794

- 頻度モデルは離散選択モデルより再現性が高い
- 個人間の非観測異質性は存在する
- 目的地間独立の非観測異質性が卓越している

事例分析1のまとめ

- 1週間データと1日データを用いたネステッドロジットモデルの比較
 - 1週間データを用いたモデルは全てのパラメータの有意性が向上 ⇒ 観測期間長期化の有効性
- 調査参加率モデルの推定
 - 通常, データは母集団を完全には代表しない ⇒ 調査参加モデルで代表性向上と推定精度向上
 - ただし, 「差異」を完全には除去できない

事例分析2: (山本ら, 2006)

カーシェアリングが自動車保有および 交通行動に及ぼす影響

- パネルデータの代わりに回顧データの利用
 - 1年前の自動車保有と1週間のトリップ頻度
 - 回顧データの信頼性
- 自動車保有と交通行動の違い
 - 保有と行動の「変動」の大きさ

背景

- 自動車依存に起因する環境問題の緩和

- 鉄道路線の拡充やサービス水準の向上

自家用車の利便性に対抗できていない

カーシェアリング(CS): 自動車を複数の会員で共同利用する会員制のシステム

- 欧米では事業規模が増加しつつある
- 自動車保有台数や走行距離の減少が報告されている
- 我が国では事業規模が未だ小さい
- 事業化事例を対象とした環境改善効果の分析の蓄積は十分でない

目的(1)

- 我が国の事業化事例を対象とした環境改善効果の定量的な把握

CSによる交通行動変化

1. 自動車保有台数
2. 移動頻度・距離の変化
3. 利用交通手段の変化
4. 車種選択



想定される環境改善効果

- ・ 自動車絶対数の減少
- ・ 渋滞緩和
- ・ 大気汚染物質排出削減
- ・ 駐車場削減
= 土地の効率的利用
- ・ 資源節約
- ・ 環境活動の促進

目的(2)

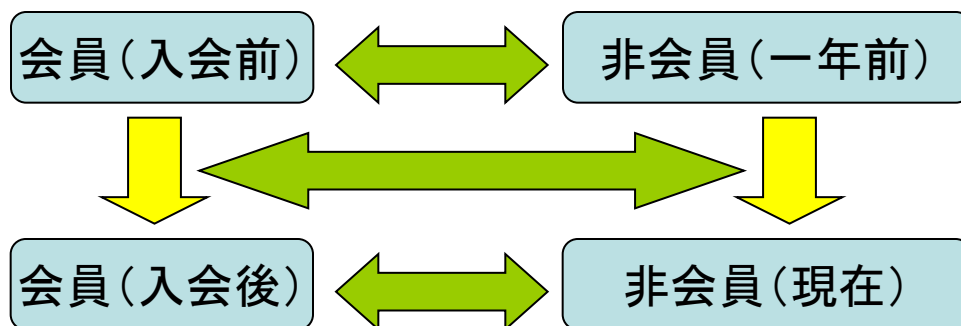
- 我が国でCSが普及するための課題把握

考えられる要因

1. 自動車保有意識
2. 環境意識
3. 認知率および興味の度合い
4. 国の支援に対する意識

分析方法

- 目的(1): 環境改善効果の把握
 - 会員と非会員の行動変化の比較
- 目的(2): 普及のための課題把握
 - 会員と非会員の意識差と非会員の認知把握



調査対象



• りんくるカーシェアリング

- 愛知県名古屋市都心部
- 2004年10月事業開始
- 7駐車場12台(当時)
- 軽自動車(MRワゴン)
- ICカード無人受渡
- ラウンドトリップのみ

りんくるは、こんなクルマです。

SUZUKI・MRワゴン (カーシェアリング専用車)

エアバックは運転席・助手席に標準装備。
コンパクトなのに、室内は広々、
ベンチシートタイプ。
小回りのきく、乗りやすいクルマです。
低排出ガス&燃費基準+5%達成車で、
環境に優しいクルマを選びました。



キーはグローブボックスに



通信モニター

軽量衝突吸収ボディ
ブレーキアシスト
チャイルドシート固定機構
など安心装備。



カードリーダー
会員カードをかざし、個人認証と
ドアのロック・アンロックを行います。

シートアレンジができるので
大きな買い物時の時も大丈夫。

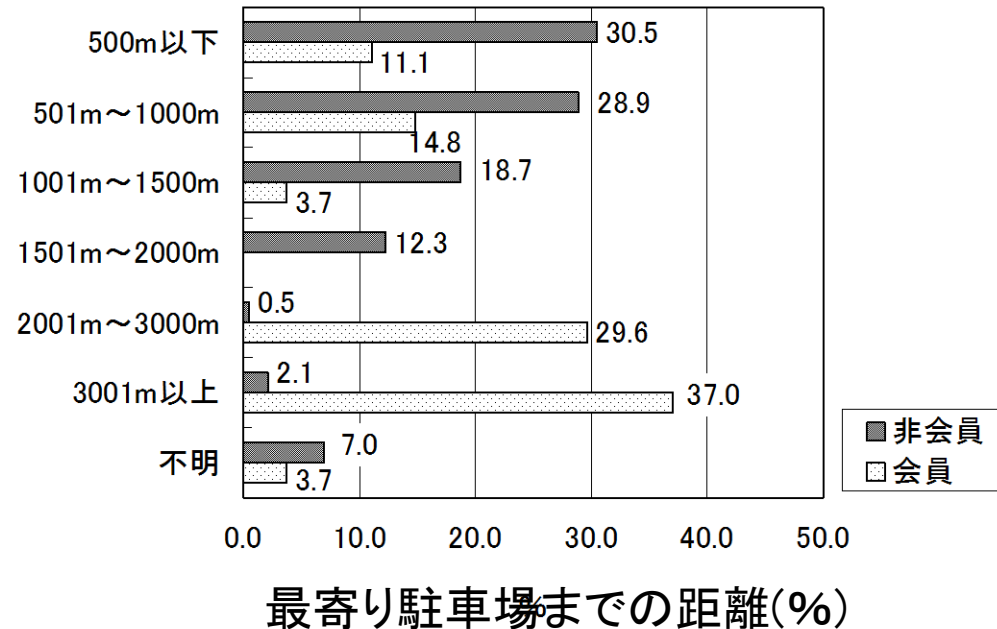


チャイルドシートもご用意。(※)
お子さま連れでも安心して
ご利用いただけます。
(※ステーションによります)



アンケート調査(2005年11月中旬)

	会員	非会員
抽出方法	全会員	無作為抽出
配布方法	郵送	ポスティング
配布枚数	67	1030
回収枚数	27	187
回収率	40%	18%



- 会員の回収率が高い: 運営主体を通じた送付
- 最寄り駐車場との距離分布の相違: 抽出方法の相違
 - 以降の分析では補正を行っていないため注意が必要

調査項目

質問項目の対象時期	会員		非会員	
	現在	入会前	現在	一年前
①自動車保有				
自動車保有台数・車種	○	○	○	○
購入見送り台数・車種	○			
駐車場所・料金	○	○	○	
②トリップ頻度・距離・手段	○	○	○	
③意識・環境配慮行動				
自動車保有に対する意識		○	○	
環境配慮行動の実行程度	○		○	
行政支援に対する意識	○		○	
カーシェアリングに対する認知度および興味			○	
入会理由		○		

- 入会前，一年前については被験者の記憶に依存している
- 非会員の交通行動は変化していないと仮定
- CS入会に及ぼす影響を分析するため，会員の自動車保有に対する意識は入会前を聞いている

分析結果：自動車保有台数

平均保有台数

	会員	非会員	差
1年前	0.6	1.0	0.5**
現在	0.3	1.1	0.8**
変化	-0.3**	+0.0	

- 非会員の保有台数は名古屋市平均(1.1台)と一致
- 入会する人は元々保有台数が少ない

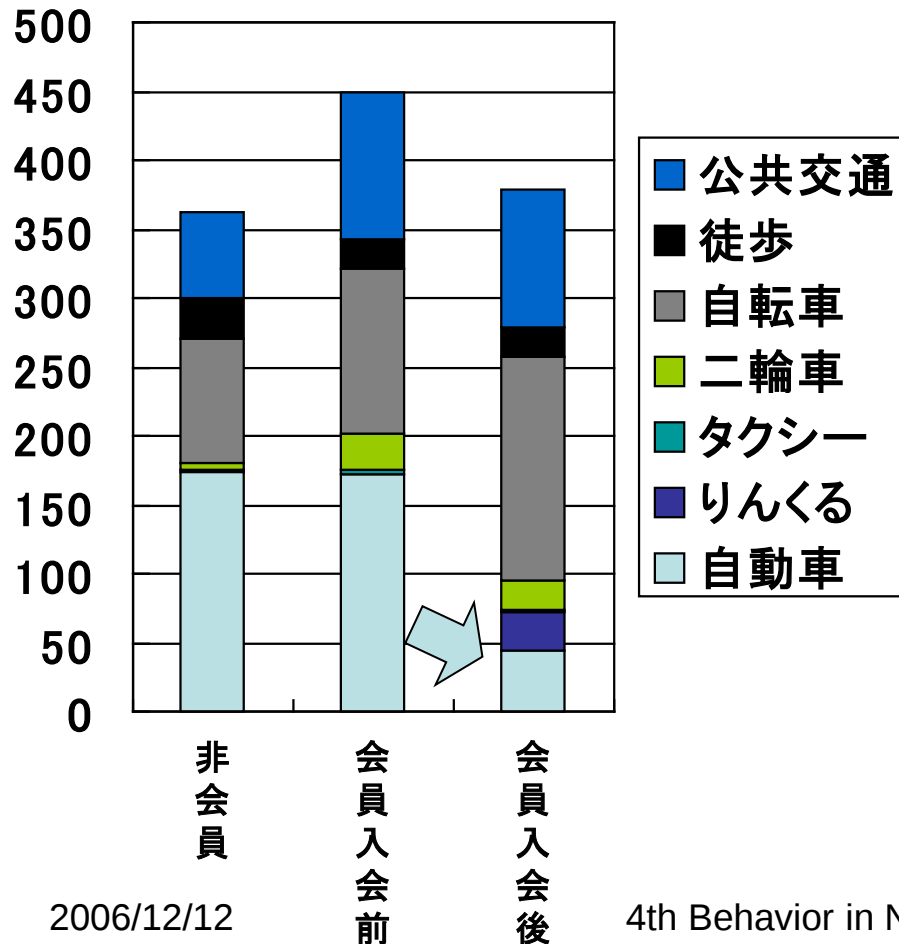
1年間の更新行動

	会員	非会員
1台増車	0	6
変化なし	19	170
1台減車	8	5
計	27	181

- 入会によって保有台数は減少する
- 入会して変化のない会員のうち7世帯は購入を見送っている

分析結果：交通行動変化(1)

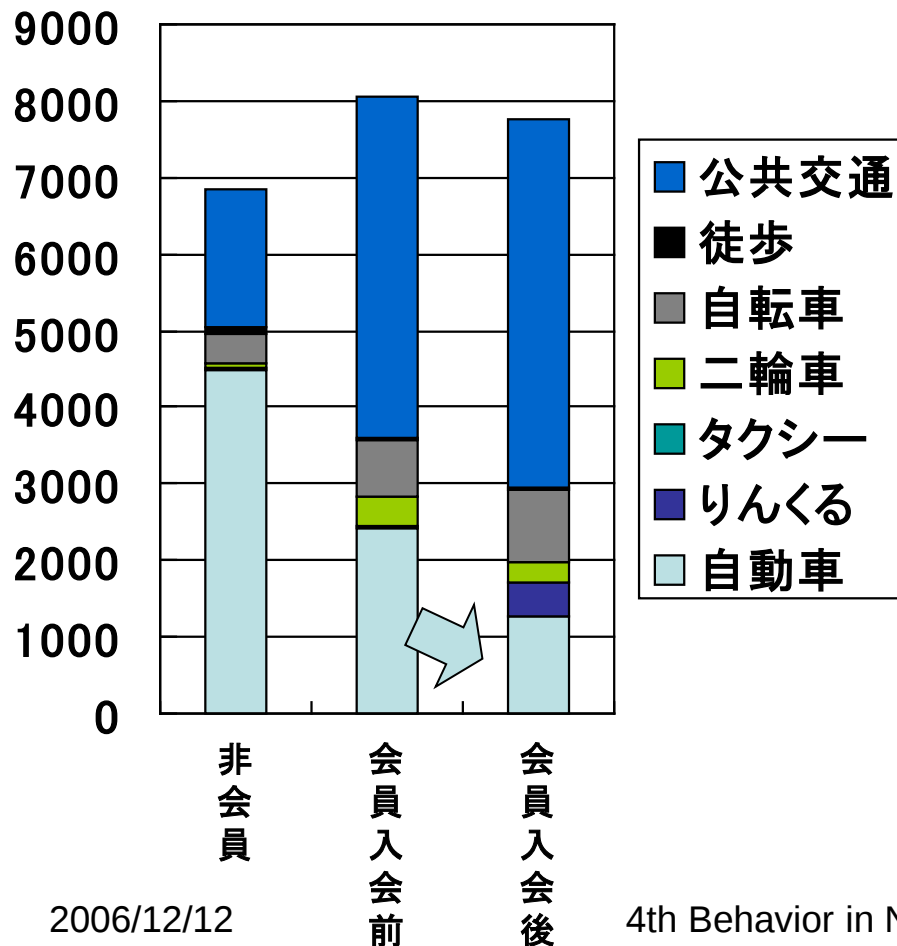
平均トリップ頻度(回/人/年)



- 会員は非会員より総トリップ頻度が多い
- 入会前の自動車利用頻度は非会員と同程度
- 入会によって、自動車利用頻度が減少し、自転車利用頻度が増加

分析結果：交通行動変化(2)

平均移動距離(km/人/年)



- 会員は非会員より移動距離が長い
- 入会前の自動車利用距離は非会員より短い
- 入会によって、自動車利用距離が減少するが、総移動距離はそれほど変化しない
- 保有車種を考慮した二酸化炭素排出削減量は、
158kgCO₂/人/年

事例分析2のまとめ

- 自動車保有に関する分析
 - 自動車保有ぐらゐの情報は覚えているため回顧データも擬似パネルデータとなる
 - 1年間の変化を有意に観測可能
- トリップ頻度とトリップ距離の分析
 - 平均値による傾向は見られたが、「変動」が大きいのか統計的には有意な変化は見られなかった

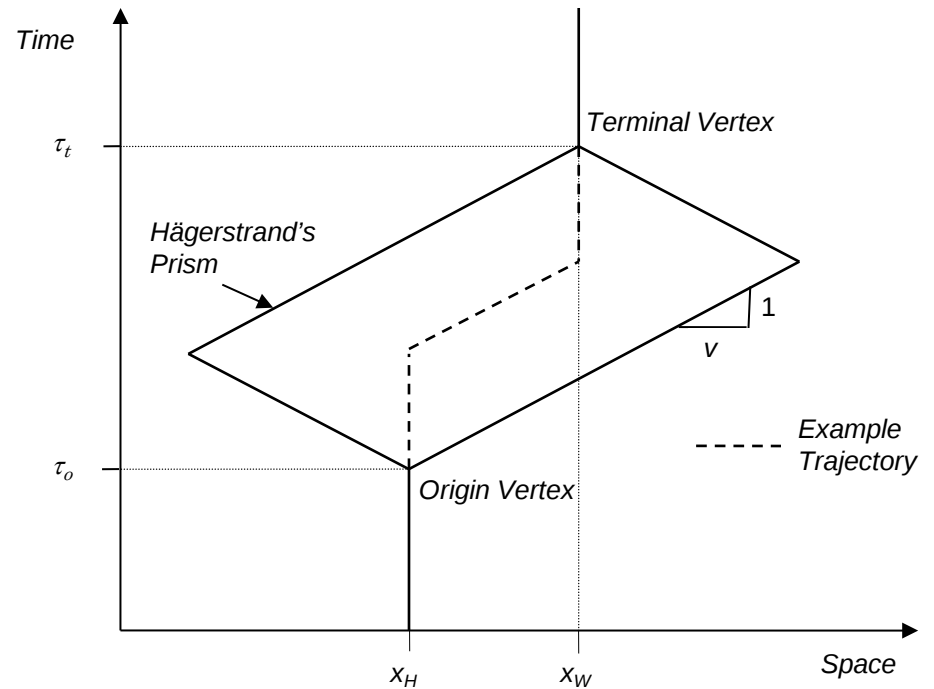
分析3: (Kitamura et al., 2006)

プリズム制約と最初の外出時刻の変動

- 6週間の長期観測データの利用
 - 「変動」の観測
 - 「変化」については観測していない
- プリズム制約と外出時刻のモデル化
 - 両者の「変動」の比較

目的

- 交通行動の安定性の把握
- プリズム制約の推定



フロンティアモデル

- 通常のフロンティアモデル

$$Y_i = \beta' X_i + \varepsilon_i = \beta' X_i + v_i + u_i$$

- v : 正規分布, u : 指数分布や半正規分布
- 出発時刻 (y) は常にプリズム制約 ($\beta X + v$) より後

- 繰り返し観測を考慮したフロンティアモデル

$$Y_{it} = \beta' X_{it} + \varepsilon_{it} = \beta' X_{it} + \alpha_i + v_{it} + u_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

- α : 正規分布で t に対して不変(「差異」)

データ

- ドイツのKarlsruhe, Halleで実施
- 1999年, 139世帯の317人の6週間の交通行動データ
- 11,737人日で45,532トリップ
- 116人の平日データを分析に使用



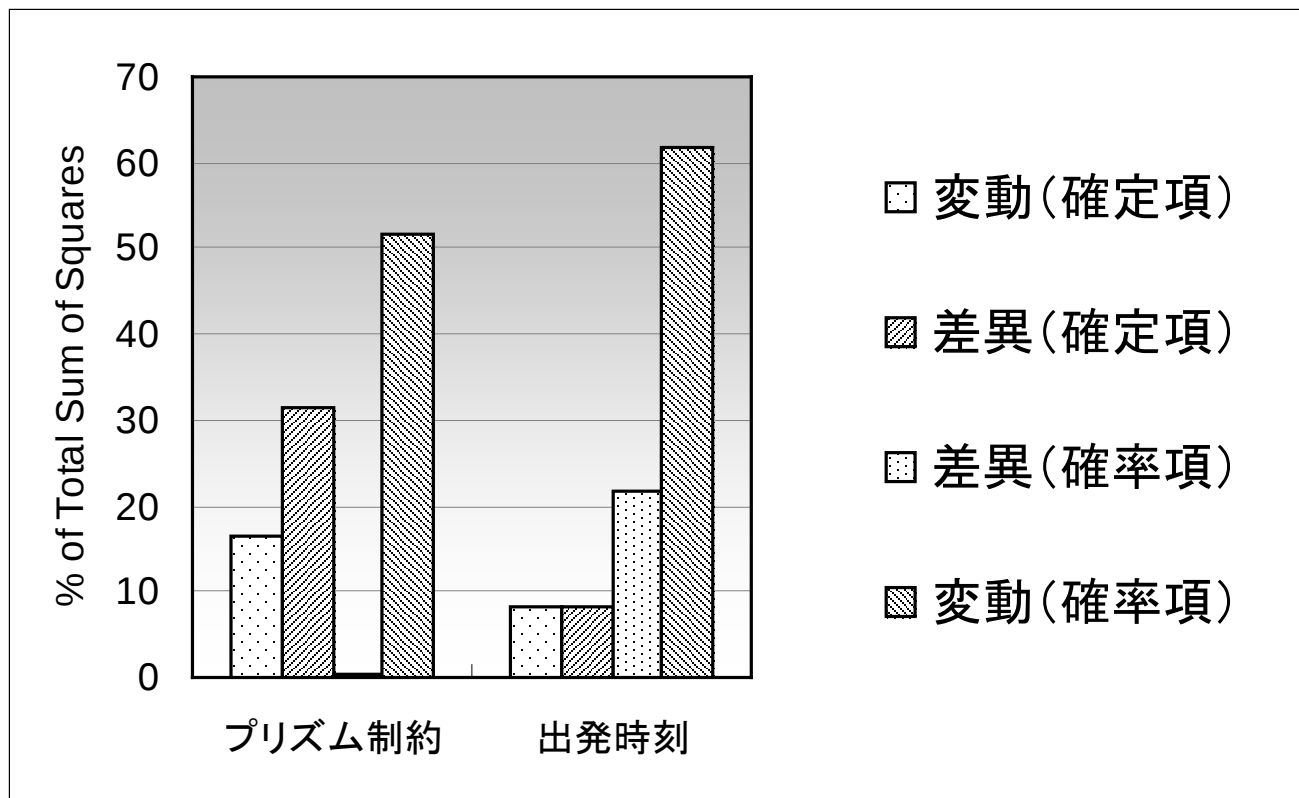
結果： プリズム制約と出発時刻の分散

		プリズム	出発時刻
確定項	変動	1670917	6021498
	差異	3174864	6009419
	合計	4845781	12030917
確率項	変動	38719	15725002
	差異	5230857	45086580
	合計	5269575	60811582
全体		10115356	72842499

出発時刻の分散はプリズム制約の7倍

結果：

プリズム制約と出発時刻の分散の比率



- プリズム制約の分散は出発時刻より確定的要素が大きい
- 出発時刻の変動は確率要素がプリズム制約より大きい

事例分析3のまとめ

- 長期観測データの活用
 - 「変動」と「差異」の把握が可能
 - 外的環境の変化に対する行動変化をより正確に把握できる可能性
- プリズム制約と出発時刻の分析
 - 実際に観測される「行動結果」はプリズム制約のような「行動規範?」より変動が大きい

最後に：長期観測データの活用

- 変動のモデル化
 - 変動を明示的に導入して日々の行動をモデル化
 - 行動の基にある、より安定的な意思決定原理のモデル化
- 変動の除去
 - 一定期間に集計した行動のモデル化
 - 一週間の時間配分モデル等への multiple discrete-continuous choice model (Kim et al., 2002; Bhat, 2005)や多変量頻度モデル(Kockelman, 2001; Kockelman and Krishnamurthy, 2004; 山本ら, 2004)等の適用

まとめとしては

「差異」「変化」「変動」を識別し、
施策効果をより正確に観測する

といった感じでしょうか...

参考文献

- Bhat, C.R. (2005) A multiple discrete–continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions, *Transportation Research Part B*, Vol. 39, pp. 679-707.
- Kim, J., Allenby, G.M. and Rossi, P.E. (2002) Modeling consumer demand for variety, *Marketing Science*, Vol. 21, pp. 229-250.
- 北村隆一 (2003) 変動についての試行的考察, 土木計画学研究・論文集, Vol. 20, pp. 1-15.
- Kitamura, R., Yamamoto, T., Susilo, Y.O. and Axhausen, K.W. (2006) How routine is a routine? an analysis of the day-to-day variability in prism vertex location, *Transportation Research Part A*, Vol. 40, pp. 259-279, 2006.
- Kockelman, K. M. (2001) A model for time- and budget-constrained activity demand analysis, *Transportation Research Part B*, Vol. 35, pp. 255-269.
- Kockelman, K.M. and Krishnamurthy, S. (2004) A new approach for travel demand modeling: linking Roy's identity to discrete choice, *Transportation Research Part B*, Vol. 38, pp. 459-475.
- 山本俊行, 赤佐浩一, 倉内慎也, 森川高行 (2004) 大規模小売店舗の中心市街地への出店が買い物行動に及ぼす影響の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 30, CD-ROM.
- 山本俊行, 成瀬弘恵, 森川高行 (2006) カーシェアリングが自動車保有および交通行動に及ぼす影響の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 34, CD-ROM.