

# 既往研究の整理

---

2009/12/09

武智環

# 背景の整理

北村隆一: 変動についての試行的考察, 第26回土木計画学研究発表会招待論文, 2002

## ◆ 交通現象に変動はつきもの

- 変動は「不安定」なものとして除去され, 「安定」した値を得て解析を行っていた.

## ◆ 観測される交通現象は交通現象そのものに内在する変動, 測定誤差などの不確定要素を含んでいる.

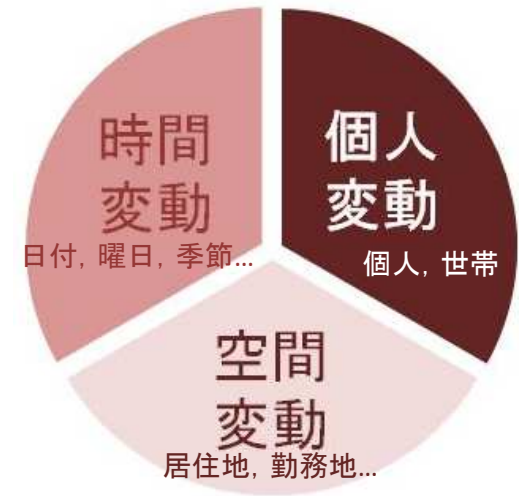
- 変動・変化は考慮されず, 一時点における系の状態を対象として安定を志向したものであった.

## ◆ 個人の行動

- 毎日規則的に行われる行動
- 週末の買い物のように長い周期の行動
- 周期をもたない行動

# これまで

- ◆ 典型的な一日を選んで現象を観測
  - パーソントリップ調査
    - 休日などのない週の中日を調査日とする.
    - 年間の平均交通量に近いとされる**秋**を選ぶ.
- ◆ 現象が1週間の間でどのような変動を示すか
- ◆ 季節間でどのように変動するか
  - これらを示すデータは少ない.
- ◆ 交通量の変動は研究対象とされてきた
  - 交差点, 高速道路の流出入量の変動など



断面データから導かれるモデルを将来予測に適用する事の問題が繰り返し指摘されてきた...

- ◆ 6週間の交通行動データを用いた分析
  - ドイツ・カールスルーエ・ハレにて
- ◆ 長期データを用いて, 行動の変動を把握する

# 目次案

## 第1章 はじめに

- 1.1 研究の背景
- 1.2 研究の目的
- 1.3 本研究の構成

## 第2章 既往の調査手法と研究

- 2.1 調査手法
  - 2.1.1 パーソントリップ調査
  - 2.1.2 プローブパーソン調査
- 2.2 既往の研究
  - 2.2.1 パネル調査による行動分析
  - 2.2.2 変動分析
- 2.3 本研究の位置づけ

## 第3章 データ概要

- 3.1 調査概要
- 3.2 使用データ概要
  - 3.2.1 東京PP調査
  - 3.2.2 松山PP調査(2003, 2004, 2005, **2007?**)
    - (3.2.3 徳島PP調査)
    - (3.2.4 高知PP調査)
- 3.3 データクリーニング
  - 3.3.1 データ抽出
- 3.4 基礎集計

## 第4章 空間利用分布

- 4.1 データ作成
- 4.2 基礎集計
- 4.3 空間利用分布特性
- 4.4 空間利用の変動
  - 4.4.1 時間変動(日, 曜日, 年, 季節)
  - 4.4.2 個人変動(個人内, 個人間)
  - 4.4.3 空間変動

## 第5章 アクティビティパターンの変動分析

- 5.1 パターン抽出
- 5.2 周期性評価
  - 5.2.1 周期性の評価方法
  - 5.2.2 周期性分析
  - 5.2.3 個人変動(個人内, 個人間)
- 5.3 相同性評価
  - 5.3.1 相同性の評価方法
  - 5.3.2 相同性分析
  - 5.3.3 個人変動(個人内, 個人間)

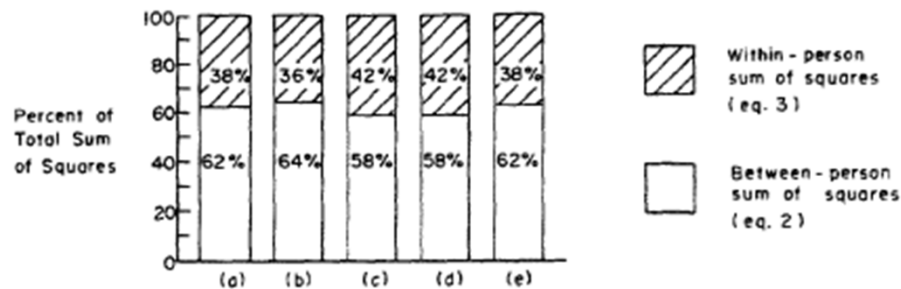
## 第6章 結論

謝辞, 参考文献

# 個人変動

- Eric I. Pas Subramanian Sunder: **Intrapersonal variability in daily urban travel behavior: Some additional evidence**, Transportation 22, pp.135-150, 1995
  - 交通行動の分析とモデリングでは、理論的な議論が旅行行動に固有の日々変動を認めるという事実にもかかわらず、旅行の一日記録と世帯または人のサンプルに基づいていた。
  - 一連の連続日の行動の変動において重要なことは、個人内と個人間で記述すること。(Koppelman & Pas 1984)

## トリップ時間の変動を分析



- (a) Trips per day
- (b) Travel time per trip
- (c) Travel time per day
- (d) Home-based trips per day
- (e) Non-home-based trips per day

$$BPSS = K \sum_j \sum_{i \in M_j} (\bar{t}_{ij} - \bar{t})^2 \quad (2)$$

and

$$WPSS = \sum_j \sum_{i \in M_j} \sum_k (t_{ijk} - \bar{t}_{ij})^2 \quad (3)$$

where

BPSS is the between-person sum of squares,

WPSS is the within-person sum of squares,

$\bar{t}_{ij}$  is the mean number of trips made per day by person  $i$  of household  $j$ , and

$K$  is the number of days in the observation period.

$M_j$  is the set of all persons in household  $j$ .

Fig. 2. Components of variability: Empirical results for various measures of personal travel.

- トリップ時間の合計よりもトリップごとの平均移動時間において、日ごとに、わずかに規則的であることを示す。(b)と(c)
- トリップ割合の経日変動によって、日々のトリップ時間の変動があらわれる。

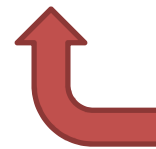
# 空間利用

- ◆ Marta C. Gonzalez, Cesar A. Hidalgo & Albert-Laszlo Barabasi:  
Understanding individual human mobility patterns, Nature 453,  
pp.779-782, 2008
  - Understanding individual human mobility patterns Supplementary Material
- ◆ 概要
  - 100,000人の携帯電話利用者の移動軌跡6ヶ月分
  - 人の行動軌跡が高度な時空間的規則性を示す
  - 移動距離が時間に依存しない
  - 頻繁に訪れる少数の地点に戻る傾向
  - 24時間の整数倍の周期で同じ場所に戻る。
  - 行動の距離的なスケールは人それぞれ異なるが、距離を規格化した後の行動パターンはほぼ同じ
- ◆ 変動・変化という捉え方はされていない。
- ◆ 軌跡しか得られていないため、行動内容には触れられていない。

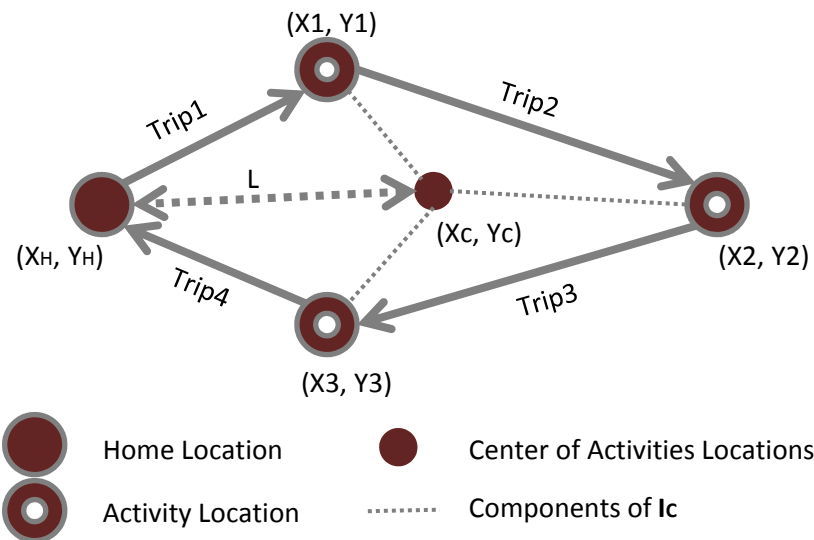
# 空間変動

◆ Yusak O. Susilo, Ryuichi Kitamura: **An Analysis of the Day-to-day Variability in the Individual's Action Space: An Exploration of the Six-Week Mobidrive**, Transportation Research Record, 1902, pp.124-133, 2005

- (1) 自宅近くや自宅内での動き.
- (2) 職場, 買物場所などへ向かう通常の活動場所へまたはそこから動く活動.
- (3) それらの活動が起こる場所周辺での動き.



Action Space  
個人が頻繁に, 活動を実行するための活動場所の集合



$$I_H = L^2 = (X_H - X_C)^2 + (Y_H - Y_C)^2$$

$$X_C = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 X_i \text{ and } Y_C = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 Y_i$$

$$I_c = \sum_{i=1}^3 \left\{ (X_i - X_C)^2 + (Y_i - Y_C)^2 \right\}$$

# 全モーメントの変動

$$V_i^d = \beta' X_i^d + \varepsilon_i^d, \quad d = 1, 2, \dots, 7; \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$V_i^d$  : d曜日, 個人iの合計2次モーメントの分散

$X_i$  : 説明変数のベクトル

- 平日より休日の方が変動が大きい
  - 平日より休日は自由行動をとりやすいため.
- 年齢が高いと, action spaceの変動が小さい
- 運転免許はあまり関係なくて, 車の所有数が, 負にきく.
- 都心居住者は, 平日休日ともに他のエリアに住む人より変動が大きい.

TABLE 4. Longitudinal Variation of the Individual's Total Moment

	Weekday		Weekend	
	Coeff.	t-ratio	Coeff.	t-ratio
Constant	-10.26	-0.64	-42.66	-1.18
Male [D]	-3.47	-0.85	-9.03	-0.99
Married [D]	-1.28	-0.22	-15.28	-1.21
Driver's license ownership [D]	3.84	0.68	0.07	0.01
Less than 25 years old [D]	-4.56	-0.42	29.48	1.24
25 - 34 years old [D]	10.77	1.25	40.85	2.12
35 - 44 years old [D]	-18.87	-2.57	4.99	0.32
55 - 64 years old [D]	-21.42	-2.90	21.92	1.34
65 years old or over [D]	-39.44	-4.37	5.94	0.30
Number of household members	-6.23	-2.03	1.09	0.16
Number of motor vehicles	-0.0002	-0.01	-0.05	-1.43
Number of telecommunications connections	2.32	1.93	-0.80	-0.30
Family with dependent child [D]	-3.58	-0.56	28.48	2.06
Household income [x 1,000 DM]	2.54	2.02	-2.77	-0.98
Inner city [D]	44.35	5.29	51.21	2.55
Suburbs [D]	24.72	3.05	24.09	1.23
Worker [D]	10.36	1.00	59.11	2.64
Non-worker [D]	28.21	2.65	44.88	1.93
Monday [D]	6.66	1.11		
Tuesday [D]	-0.84	-0.14		
Thursday [D]	7.73	1.29		
Friday [D]	17.07	2.85		
Saturday [D]			20.98	2.50
Mean of dependent variable value	24.20		43.40	
Standard deviation	69.61		92.19	
Number of observations	1258		456	
Degrees of freedom	21	1236	18	437
F	5.37		2.58	
Residuals sum of squares	5581053		3495235	
R <sup>2</sup>	0.0837		0.0959	
Adjusted R <sup>2</sup>	0.0681		0.0587	



# 経日変動の異質性

$$Y_{it} = \beta' X_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}, i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T$$

$Y_{it}$ : 個人*i*, *t*日のモーメント値

$X_{it}$ : 説明変数のベクトル

$\alpha_i$ : 個人の誤差

$\varepsilon_{it}$ : 確率誤差(ホワイトノイズ)

- Karlsruheに住む人は、セントロイドも自宅に近く、あまり行動に広がりが見られない。
- 大人数の世帯では、平日に行動場所の広がりが少ない。
- 土曜ダミーが重要

TABLE 6. Models of Second Moments: Weekend

	$I_{it}$		$I_{ic}$		Total Moment	
	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio
Constant	2.802	0.89	-0.501	-0.18	2.201	0.52
Male [D]	-0.264	-0.27	-0.063	-0.07	-0.308	-0.23
25 - 34 years old [D]	5.503	2.25	2.569	1.18	7.981	2.41
35 - 44 years old [D]	1.918	0.79	-2.393	-1.11	-0.592	-0.18
45 - 54 years old [D]	1.935	0.77	-3.016	-1.34	-1.250	-0.37
55 - 64 years old [D]	3.221	1.22	-1.173	-0.50	1.925	0.54
65 years old or over [D]	1.431	0.48	-0.798	-0.30	0.509	0.13
Married [D]	-1.854	-1.31	-0.450	-0.36	-2.158	-1.12
Driver's license ownership [D]	-2.053	-1.39	0.058	0.04	-2.010	-1.01
Number of household members	-1.625	-2.07	-0.264	-0.38	-1.917	-1.80
Number of motor vehicles	1.376	1.60	-0.001	0.00	1.370	1.17
Number of telecommunications connections	-0.314	-0.86	0.451	1.39	0.148	0.30
Family with dependent child [D]	2.57	1.74	1.35	1.03	3.94	1.97
Household income [ $\times 1,000$ DM]	0.423	1.39	-0.168	-0.62	0.264	0.64
Worker [D]	1.430	0.58	3.524	1.61	4.989	1.50
Non-worker [D]	0.702	0.28	0.840	0.37	1.578	0.46
Inner city [D]	4.794	2.08	3.081	1.51	7.981	2.56
Suburbs [D]	5.694	2.55	1.627	0.82	7.458	2.46
Karlsruhe [D]	-2.723	-2.77	-0.083	-0.09	-2.808	-2.11
Saturday [D]	-1.111	-1.44	2.789	4.79	1.689	1.65
Number of observations	1692		1692		1692	
Mean of dependent variable value	5.407		3.767		9.174	
Degrees of freedom	19	1672	19	1672	19	1672
F	2.32		4.70		3.73	
SD of dependent variable	16.08		12.66		21.62	
Var[ $\alpha$ ]	10		14		21	
Var[ $\varepsilon$ ]	247		143		437	

TABLE 6. Models of Second Moments: Weekend

	$I_{it}$		$I_{ic}$		Total Moment	
	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio	Coeff	t-ratio
Constant	2.802	0.89	-0.501	-0.18	2.201	0.52
Male [D]	-0.264	-0.27	-0.063	-0.07	-0.308	-0.23
25 - 34 years old [D]	5.503	2.25	2.569	1.18	7.981	2.41
35 - 44 years old [D]	1.918	0.79	-2.393	-1.11	-0.592	-0.18
45 - 54 years old [D]	1.935	0.77	-3.016	-1.34	-1.250	-0.37
55 - 64 years old [D]	3.221	1.22	-1.173	-0.50	1.925	0.54
65 years old or over [D]	1.431	0.48	-0.798	-0.30	0.509	0.13
Married [D]	-1.854	-1.31	-0.450	-0.36	-2.158	-1.12
Driver's license ownership [D]	-2.053	-1.39	0.058	0.04	-2.010	-1.01
Number of household members	-1.625	-2.07	-0.264	-0.38	-1.917	-1.80
Number of motor vehicles	1.376	1.60	-0.001	0.00	1.370	1.17
Number of telecommunications connections	-0.314	-0.86	0.451	1.39	0.148	0.30
Family with dependent child [D]	2.57	1.74	1.35	1.03	3.94	1.97
Household income [ $\times 1,000$ DM]	0.423	1.39	-0.168	-0.62	0.264	0.64
Worker [D]	1.430	0.58	3.524	1.61	4.989	1.50
Non-worker [D]	0.702	0.28	0.840	0.37	1.578	0.46
Inner city [D]	4.794	2.08	3.081	1.51	7.981	2.56
Suburbs [D]	5.694	2.55	1.627	0.82	7.458	2.46
Karlsruhe [D]	-2.723	-2.77	-0.083	-0.09	-2.808	-2.11
Saturday [D]	-1.111	-1.44	2.789	4.79	1.689	1.65
Number of observations	1692		1692		1692	
Mean of dependent variable value	5.407		3.767		9.174	
Degrees of freedom	19	1672	19	1672	19	1672
F	2.32		4.70		3.73	
SD of dependent variable	16.08		12.66		21.62	
Var[ $\alpha$ ]	10		14		21	
Var[ $\varepsilon$ ]	247		143		437	

◆  $I_H$ や $I_C$ の経日変動は,

– 系統的変動, ランダム変動

- 個人内変動, 個人間変動
- 個人差による誤差の変動, white noise

に分けられる.

TABLE 7. Analysis of Variance of the Second Moment of Activity Locations: Weekdays

		$I_H$			$I_C$			Total Moment		
		SS	%		SS	%		SS	%	
SSR	Within-person	189	0.3	0.01	4,144	10.8	0.4	4,919	3.1	0.2
	Between-person	68,160	99.7	4.7	34,405	89.2	3.6	151,437	96.9	5.6
	Subtotal	68,349	100	4.7	38,549	100	4.0	156,356	100	5.8
SSE	Individual Specific Error	734,868	53.5	50.9	141,689	15.2	14.6	1,083,810	42.8	40.3
	White Noise	639,852	46.5	44.3	787,481	84.8	81.4	1,446,319	57.2	53.8
	Subtotal	1,374,720	100	95.3	929,171	100	96.0	2,530,129	100	94.2
Total		1,443,069		100	967,720		100	2,686,484		100

TABLE 8. Analysis of Variance of the Second Moment of Activity Locations: Weekend

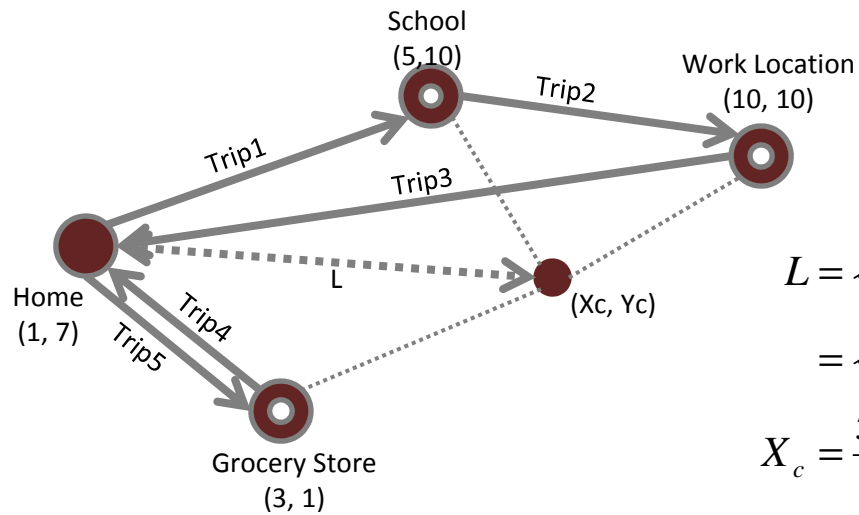
		$I_H$			$I_C$			Total Moment		
		SS	%		SS	%		SS	%	
SSR	Within-person	494	4.4	0.11	3,114	22.7	1.1	1,141	3.5	0.1
	Between-person	10,793	95.6	2.5	10,581	77.3	3.9	31,082	96.5	3.9
	Subtotal	11,287	100	2.6	13,695	100	5.1	32,223	100	4.1
SSE	Individual Specific Error	13,188	3.1	3.0	18,593	7.2	6.9	26,829	3.5	3.4
	White Noise	412,830	96.9	94.4	238,871	92.8	88.1	731,247	96.5	92.5
	Subtotal	426,018	100	97.4	257,464	100	94.9	758,076	100	95.9
Total		437,305		100	271,159		100	790,299		100

# 参考文献

- ◆ By Pu Wang, Marta C. Gonzalez: **Understanding spatial connectivity of individuals with non-uniform population density**, Philosophical Transactions A, 367, pp.3321-3329, 2009
- ◆ J. Candia, M. C. Gonzalez, P. Wang, T. Schoenharl, G. Madey, A.-L. Barabasi: Uncovering individual and collective human dynamics from mobile phone records, JOURNAL OF PHYSICS A, MATHEMATICAL AND THEORETICAL, Volume 41, Issue 22, Article number 224015, 6 June 2008
- ◆ Kay W. Axhausen, Andrea Zimmermann, Stefan Schonfelder, Guido Rindsfuser, Thomas Haupt: **Observing the rhythms of daily life: A six-week travel diary**, Transportation 29, pp.95-124, 2002
- ◆ Ming S. Lee, Michael G. McNally: **On the structure of weekly activity/travel patterns**, Transportation Research Part A ,37, pp.823-839, 2003
- ◆ Robert Schlich: **Analysing intrapersonal variability of travel behavior using the sequence alignment method**, European Transport Research Conference, Cambridge, 2001
- ◆ Theo A. Arentza, Aloys Borger and Harry J. P. Timmermans: **Capturing activity-travel sequence for infrequent event; A sampling and data collection approach**, 8<sup>th</sup> International Conference on survey methods in transport annecy, France, 2008
- ◆ 北村隆一: 変動についての試行的考察, 第26回土木計画学研究発表会招待論文, 2002
- ◆ 亀井泰志: 長期モニタリングデータに基づいた移動活動パターン解析, 愛媛大学卒業論文, 2004
- ◆ 玉國和広: リスト処理を導入した都心回遊シミュレーションの開発, 愛媛大学修士論文, 2006
- ◆ 力石真, 藤原章正, 趙峻屹, K. W. Axhausen: 6週間の交通行動データを用いた活動パターンの変動に関するマルチレベル分析, 土木計画学, 土木計画学研究, 講演集, Vol.37, CD-ROM
- ◆ 寺谷寛紀: サンプルング手法に着目した行動の多様性評価, 愛媛大学修士論文, 2005







$$L = \sqrt{(X_H - X_C)^2 + (Y_H - Y_C)^2}$$

$$= \sqrt{(1-6)^2 + (7-7)^2} = \sqrt{25} = 5$$

$$X_c = \frac{5+10+3}{3} = 6$$

$$Y_c = \frac{10+10+1}{3} = 7$$

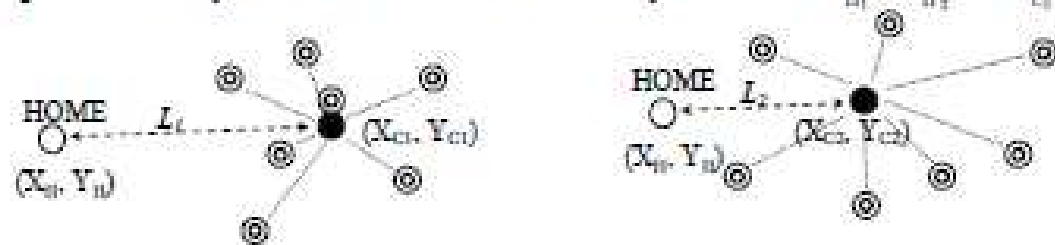
$$I_c = \{((-1)^2 + 3^2) + (4^2 + 3^2) + ((-3)^2 + (-6)^2)\} = 80$$

合計2次モーメント

$$I_H + I_C = 25 + 80 = 105$$

## ◆モーメントでとらえる利点

1. Representation by the Second Moment of Activity Locations:  $I_{H_1} > I_{H_2}$  and  $I_{C_1} < I_{C_2}$



2. Representation by the Ellipse:  $A_1 = A_2$

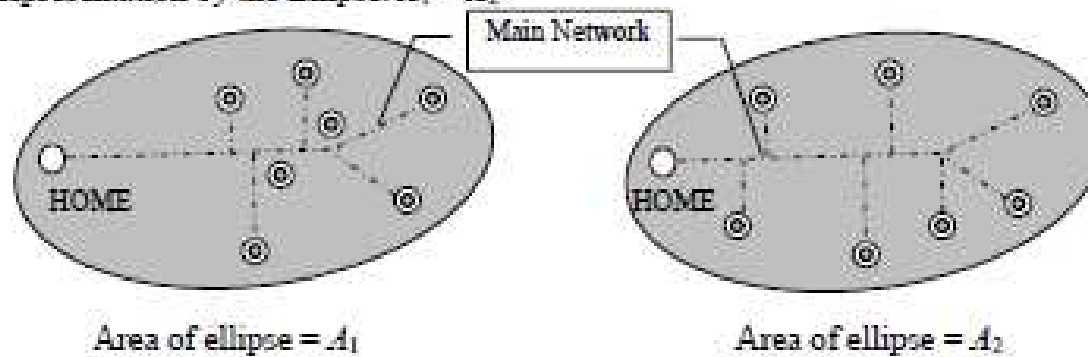


FIGURE 4. A Comparison of Different Approaches of Action Space Representation

# 変動とは

## ◆個人変動

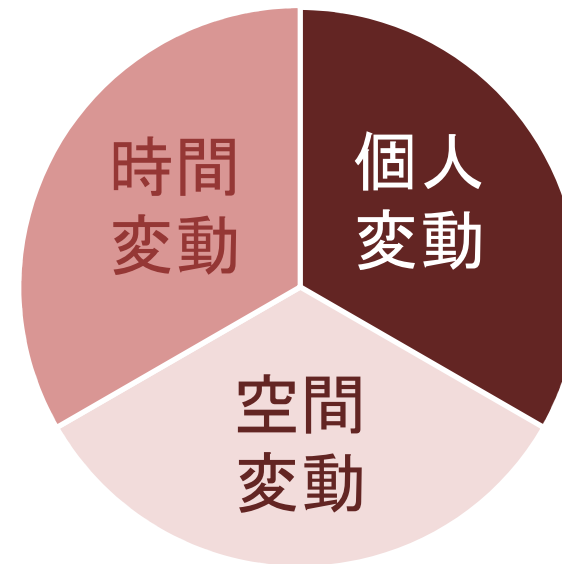
－個人，世帯

## ◆時間変動

－日付，曜日，季節...

## ◆空間変動

－居住地，勤務地...



断面データから導かれるモデルを将来予測に適用する事の問題が繰り返し指摘されてきた...