

日本における都道府県エネルギー消費に関する経年分析*

Longitudinal analysis on the per capita energy consumption in Japan *

塚井誠人**・桑野将司**・高松由彦***・張峻屹****

By Makoto TSUKAI***・Yoshihiko TAKAMATSU**・Masashi KUWANO****・ZHANG Junyi ****

1. はじめに

今日、自動車を中心とした交通手段の整備と普及によって人々の生活活動の時間帯や、活動場所は大きく変化している。その結果、人々の移動制約が緩和され、生活活動の多様化が進行している。生活活動の多様化は、都市活動としては外出活動の時間帯の分散をもたらす。その結果、コンビニエンスストアやスーパーマーケット、飲食店をはじめとする商業施設の多くは、需要に応じるために営業時間を延長、または24時間化する傾向にあるが、これらの分散化が都市活動による消費エネルギーに及ぼす影響は、明らかにされていない。

本研究は、社会生活基本調査¹⁾に基づき、外出活動の時点間、都市間、および個人属性間の違いをふまえて、都市別のエネルギー消費に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的とする。

2. 外出活動の分析手順

(1) 使用データ

社会生活基本調査の調査票Aの、活動時間帯調査データを用いて、外出活動について分析する。社会生活基本調査の概要を表-1に示す。なお以下の分析では、調査区に関する情報は秘匿されていて得られないため、サンプルの所在地に関する分析は、都道府県単位で行う。また、サンプルは各都道府県の人口や性別比、年齢構成比と一致するように、補正係数を用いて拡大した。ただし同調査には活動場所の情報が含まれていないため、

(2)に示す手順で、各時間帯の行動を自宅内・自宅外に分類した上で分析を行う。

(2) 自宅内活動・自宅外活動の分類基準の設定

調査票には活動場所の情報が含まれていないため、各

*キーワード：時間利用，地球環境問題，エネルギー消費

**正員，博（工），広島大学工学研究科

（広島県東広島市鏡山1丁目4-1，TEL：082-424-7827）

***正員，工学，中央復建コンサルタンツ株式会社

****正員，博（工），広島大学国際協力研究科

表-1 社会生活基本調査の概要

調査名	社会生活基本調査
実施機関	総務省統計局
目的	国民の社会生活の実態に関する基礎資料を得ること
調査年	昭和51, 56, 61年 平成3, 8, 13, 18年
サンプル数	約20~25万人×連続した2日間
調査方法	訪問配布・訪問回収

時間帯の活動内容やその活動の前後の関係から、各活動が外出活動か否かを判定する基準を決定する。本調査では、各活動の自宅内外に関する以下に示す表-2に従って各活動を自宅内・自宅外に分類した。以下に分類手順の概略を示す。

- ①表-2に従って、プリコードされた20種類の活動をA) 自宅内, B) 自宅外, およびC) どちらにも分類できない, の3種類に分類する。
- ②分類Cについては、移動を含まない限り、1 枠前(15分)の時間帯の分類と同じとする。また午前0時の活動が分類Cの場合は、その活動は自宅内活動と分類する。

表-2 自宅内・自宅外の分類基準

分類	プリコードされた活動の種類
A) 自宅内	睡眠, 身の回りの用事, 家事, 介護, テレビ・ラジオ・新聞・雑誌
B) 自宅外	通勤・通学, 買い物, 移動(通勤・通学を除く), スポーツ, ボランティア活動・社会参加活動
C) どちらにも分類できない	食事, 仕事, 学業, 育児, 休養・くつろぎ, 学習・研究(学業以外), 趣味・娯楽, 交際・つきあい, 受診・療養, その他

(3) 外出活動の定義

a) 外出回数及び外出開始時刻・外出終了時刻

(2)節に示した手順で自宅内・自宅外に分類した各個人の時間帯別活動に基づいて、自宅内→自宅外→自宅内へと活動場所を移した場合の自宅外時間帯を、1回の外出と定義する。さらにこの外出活動の回数から、1日の外出回数 m を算出する。

また自宅内から自宅外へと活動を移した時刻 t_i を外出開始時刻、自宅外から自宅内へと活動を移した時刻 t_e を

外出終了時刻とする。なお、表-2に示すように、移動時間は分類Bまたは分類Cで外出活動と判定された活動に含まれるものとした。

b) 1回の外出時間長及び、1日の総外出時間長

式(1)に示すように、1回の外出時間帯間の時間長を1回の外出時間長 l_o とする。

$$l_o = t_e - t_s \quad (1)$$

なお前日から引き続いて外出している場合は、外出開始時刻 t_s が不明である。その場合は、0時から外出を開始したと仮定した。24時を超えて外出している場合は、外出終了時刻 t_e が不明のため、24時に帰宅したと仮定する。また外出回数に関わらず、1日の外出時間長の総和を1日の総外出時間長 l_d とする。

c) 時間帯別外出者割合(時間利用構造)

この分析では、時間帯別の外出者割合を式(2)より算出する。 $P_t^{j_y}$ を時点 y における都道府県 j_y の時間利用構造と呼ぶ。

$$P_t^{j_y} = \frac{\sum_{i \in j_y} x_{it}^{j_y}}{N^{j_y}} \quad (2)$$

t : 時間帯, i : 個人, N^{j_y} : 時点 y の都道府県 j_y における人口, $x_{it}^{j_y}$: 補正係数を用いて都道府県 j_y ごとに拡大した各時間帯 t における外出者ダミー

(4) 分析手順

本研究で分析する外出活動は、外出回数や外出開始・終了時刻、1回当たりの時間長、1日当たりの外出時間長、時間帯別外出者割合である。これらについて、集計分析を行い、上記した時点 y 、個人属性、時間帯 t の時間利用構造について統計的有意差の検定を行う。また、外出開始時刻、外出終了時刻及び外出時間長に関する検定はそれぞれ一対比較となるため、全時点、全都道府県の特徴を把握することは容易でない。そこで、各時点の時間利用構造の特徴や、都道府県の時間利用構造の経年変化を容易にするため、クラスター分析を行う。具体的には、各時点の都道府県の時間帯別外出者割合の分布から類似度を算出し、各時点の都道府県を分類する。さらに、外出時間分布がエネルギー消費にどのように影響を及ぼしているかに着目して回帰分析を行い、エネルギー消費構造を明らかにする。

3. 集計分析

式(2)で定義した人口全体に占める時間帯別外出者割合と、外出回数、1回の外出時間長、1日の外出時間長について時点間、都市間、個人属性間の比較を行う。さらに時間利用構造の違いを統計的検定によって明らかにする。なお本論文ではスペースの都合上、時点間を比較した集計分析の結果のみを掲載する。

図-1に、式(2)を用いて算出した全サンプルの時間帯別外出者割合を示す。図-1から、日中の外出者割合は平成8年が最も多くなっていることがわかる。一方、わずかであるが6~8時や19~24時の外出者割合は平成18年が最も高くなっている。以上より、外出者割合は昭和61年から平成8年まで、全時間帯も増加していたが、平成8年以降は日中の外出割合が下がる一方で朝と夜の外出割合が高くなっていることが明らかとなった。早朝と夕方の外出者が経年的に増加する傾向は、外出行動の多様化を表していると考えられる。

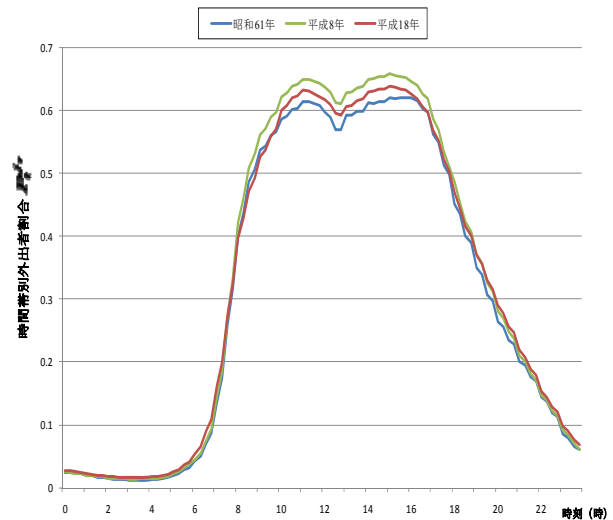
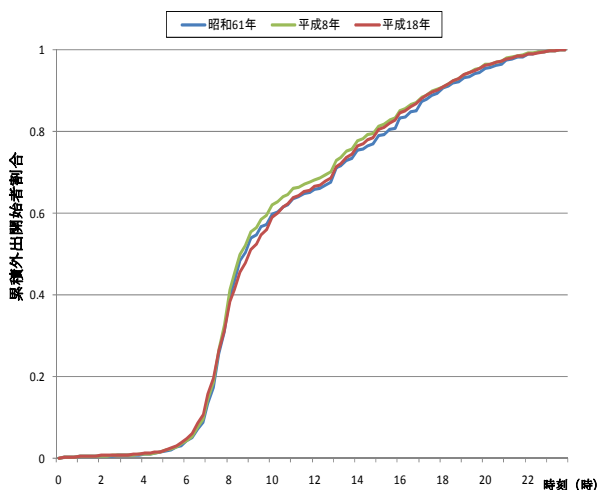
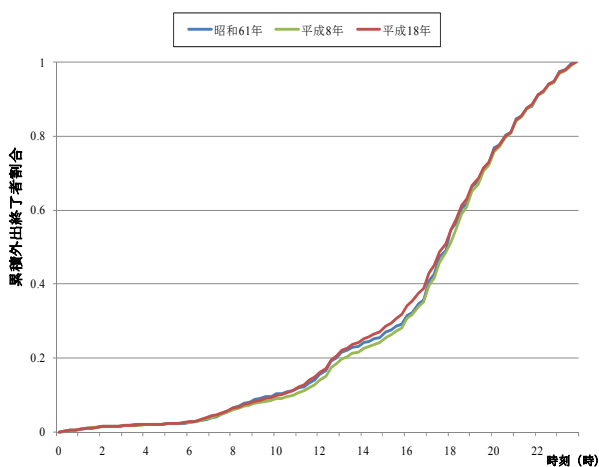


図-1 時点別時間帯別外出割合の分布

図-2に、外出者全体に占める外出開始者累積割合、図-3に外出終了者累積割合を示す。これらは、それぞれ1日の中で最初に外出を開始した時刻と、最後に外出を終了した時刻を示しているため、累積分布として最大値は1となる。図-2については、6~8時については、やや平成18年が高いものの、明確な差は読み取りにくい。図-3より、13~18時にかけて平成18年の値がやや高くなっている(より早く外出を終了する人の割合が高い)が、大きな違いは見られない。外出者に関する累積割合を示した図-2、図-3と、人口に関する集計をしめした図-1を比較すると、平成18年において早朝から深夜まで外出する人の割合が高くなっている理由として、人口に占める外出者の割合が高くなる一方で、帰宅時刻も同時に早まる傾向が見られる。すなわち、こ



図一 2 時点別累積外出開始者割合の分布



図一 3 時点別累積外出終了者割合の分布

これらの傾向は、女性の就労や、パートタイム就労の増加傾向を表していると考えられる。

1人1日当たり平均外出回数、1回の平均外出時間長、及び平均外出総時間の時点間比較を行う。表一3に時点別個人属性別の1人1回当たり平均外出回数、平均外出時間長、平均総外出時間長を示す。

表一3より、平均外出回数は平成13年が最も多くなっている。一方1回の平均外出時間長では平成13年が最も短くなっている。平均総外出時間長は平成8年まで経年的に増加し、それ以降は経年的に減少している。以上の傾向をまとめると、平成8年から平成13年に1回の外出時間長は微減するが、外出回数の増加によって1日の総外出時間長は増加していた。さらに、平成8年と平成18年を比較すると、外出回数は平成18年のほうが多く、1回の外出回数はいまほ同じ水準であったが、総外

表一3 自宅内・自宅外のカテゴリ別基準

	昭和61年	平成3年	平成8年	平成13年	平成18年
外出回数	1.16	1.15	1.15	1.24	1.19
1回の平均外出時間	6.53	6.77	6.49	6.29	6.48
1日の平均外出時間	7.76	8.05	8.15	8.05	7.98

出時間長は平成8年のほうが長いという結果となった。

4. 時間利用構造のばらつき要因分析

時間帯別外出者割合の分布が類似している都道府県をグループ化するため、式(2)に示す時間帯別外出者割合 P_t^{jy} ($t=1, \dots, 96$) を属性データとするクラスター分析を行う。なお以下は、全時点の都道府県データを用いる。よってサンプル数は5時点×47都道府県の235サンプルである。

a) クラスター分析の定式化

式(3), (4)に、ウォード法におけるクラスター併合基準を示す。

$$d_{pq} = \Delta S_{pq} = \frac{n_p n_q}{n_p + n_q} \sum_{j=1}^m (P_t^{jy(p)} - \bar{P}_t^{jy(p)})^2 \quad (3)$$

$$d_{rs} = \frac{n_p + n_s}{n_r + n_s} d_{ps} + \frac{n_q + n_s}{n_r + n_s} d_{qs} - \frac{n_s}{n_r + n_s} d_{pq} \quad (4)$$

ただし、クラスター p と q を融合してつくられたクラスター r のクラスター内の平方和の合計の増分を ΔS_{pq} と、クラスター p, q, r の中に含まれる構成単位の数 n_p, n_q, n_r 、非類似度を d_{pq} 、クラスター r と別のクラスター s を融合する時の非類似度を d_{rs} とする。

b) 都道府県のカテゴリ

式(3), (4)を用いて時点別都道府県を分類したところ、7クラスターが得られた。表一4にクラスター別外出時間長を、図一4にデンドログラムを示す。なお各クラスターの名称は、外出割合 P_t^{jy} の分布、さらに1日の外出時間長 l_d の特徴を用いて決定した。なお以下では表一4の略称を用いる。表一4のクラスター番号は、平均外出時間長が短い順に昇順とした。表一5に、各クラスターに分類された時点別都道府県を示す。なおスペースの都合上、昭和61年、平成8年、平成18年の分類結果のみを掲載する。

表一4 自宅内・自宅外のカテゴリ別基準

名称	略称	1日の平均外出時間長(時間)
外出最短時間型	C1	6.70
外出短時間型	C2	7.24
外出時間標準・昼夜型	C3	7.62
外出時間標準・深夜型	C4	7.66
外出時間標準・朝昼型	C5	7.70
外出長時間・昼型	C6	7.99
外出最長時間型	C7	8.38

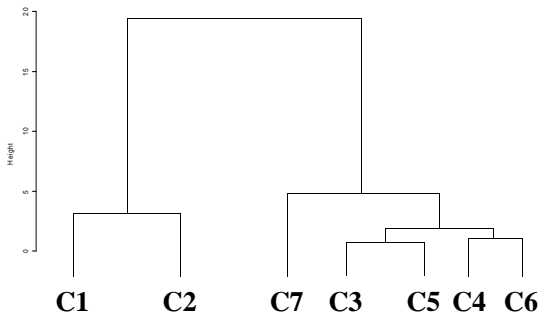


図-4 デンドログラム

表-5より、最短型(C1)は昭和61年の県が多く分類されていたが、平成18年ではC1に分類される都道府県はない。C1に分類される都道府県は地方県が多い。よってC1は過去の地方県型の時間利用をあらわしていると考えられる。短時間型(C2)は時点間で分類される都道府県に大きな差がない。C2に分類される道・県はC1と同様に地方県が多い。これらの特徴と図-4のデンドログラムから、C2はC1に時間利用が類似していると思われる。

標・昼夜型(C3)は、昭和61年は少数の県が分類されていたが、平成18年では多くの県が分類されるクラスターである。年次別の県に着目すると、昭和61年では、地方中枢県や大都市圏近隣県などで構成されていた。しかし平成18年では、大都市圏近隣県は他のクラスターに分類され、昭和61年は地方中枢都市や大都市近隣の時間利用構造であったが、平成8年以降は地方県の時間利用構造をあらわすと考えられる。換言すると、C3に分類される県は地方県へと移行している。すなわちC3は、地方県の時間利用構造は経年的に大都市圏近隣県の時間利用構造へと移行している傾向が明らかになった。

標・深夜型(C4)は、昭和61年・平成8年では京都府と沖縄県が所属していたが沖縄県が他のクラスターへ移行し、東京都などの大都市が所属している。よって過去の京都府と沖縄県は外出時間が深夜に多い特殊な時間利用をしたのではないかと推測される。標・朝昼型(C5)は、特に平成8年の分類数が多く、それらは地方県である。よってC4の時間利用はC1やC2の時間利用に似ている可能性がある。長・昼型(C6)はどの時点も、地方中枢県や大都市圏近隣県が分類されており、都市型の時間利用構造をあらわすと考えられる。最長型(C7)は、どの時点も東京や大阪などの大都市の都道府県が分類されて、大都市型の時間利用構造を表すと考えられる。

都道府県の所属クラスターの時点間の推移に着目すると、関東圏や関西圏などの大都市やその近隣県は、分類先クラスターが時点によらずほぼ同一であることがわかる。一方、地方県は、分類先が時点別に変化している。

表-5 クラスター別都道府県の分類結果

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
H18		北海道 青森 岩手 秋田 山形 福島 和歌山 島根 山口 徳島 愛媛 高知 大分	宮城 茨城 栃木 群馬 新潟 山梨 長野 岐阜 鳥取 香川 福岡 佐賀 長崎 熊本 鹿児島	東京 京都 大阪 兵庫	富山 福井 宮崎	石川 静岡 愛知 三重 奈良 岡山 広島	埼玉 千葉 神奈川 滋賀 沖縄
H8	徳島	秋田 山形 福島 山梨 和歌山 愛媛 高知 鹿児島	岐阜 岡山 山口 香川	京都 沖縄	青森 岩手 宮城 茨城 栃木 群馬 新潟 富山 福井 長野 静岡 三重 鳥取 島根 佐賀 長崎 熊本 大分 宮崎	北海 石川 愛知 滋賀 兵庫 奈良 広島 福岡	埼玉 千葉 東京 神奈川 大阪
S61	青森 岩手 秋田 山形 福島 茨城 山梨 和歌山 島根 徳島 愛媛 高知 佐賀 長崎 熊本 大分 宮崎 鹿児島	北海道 宮城 栃木 群馬 新潟 石川 福井 長野 岐阜 静岡 三重 滋賀 鳥取 岡山 山口 香川	千葉 兵庫 奈良 広島 福岡	京都 沖縄	富山	愛知	埼玉 東京 神奈川 大阪

例えば青森県や長崎県などの地方県の典型的な推移パターンは、昭和61年や平成3年ではC1やC2に分類されやすく、平成8年ではC5に分類されやすく、平成13年や平成18年ではC2やC3に分類されやすい。なお、平成18年においてそれまでC7であった東京、大阪がC4に分類

されていることは注目に値する。すなわちこれらの都市の居住者は外出時間がやや短くなる傾向にあると考えられる。

各クラスターの特徴を把握するために、図-5に各クラスターの時間帯別外出者割合 $P_t^{j_y}$ の分布を示す。図-5より、各クラスター間の外出者割合は0~9時頃はあまり差がないが、9時以降はクラスター間の外出者割合に大きな差があることがわかる。図-4のデンドログラムからC3とC5の類似度が高いことがわかる。図-5より、これらの2つのクラスターを比較すると、C5は8~12時頃までの外出者割合 $P_t^{j_y}$ はC3より高い一方で、18時頃以降の外出者割合 $P_t^{j_y}$ はC3のほうが高い。しかし表-4において各クラスターの1日の平均外出時間長は、ほぼ同じである。典型的な地方県の経年推移パターンは、平成8年以前はC5、平成8年以降はC3である点を踏まえると、近年地方県では平均外出時間長 l_d はあまり変化していないが、外出時間帯が夜型に変化している可能性が考えられる。

東京や大阪は、平成8年まではC7であったが、平成18年ではC4に移行している。また表5.4より外出総時間長 l_d が大幅に減少している。さらにC4の特徴は、6~9時の外出者割合 $P_t^{j_y}$ は低い、20時頃以降の外出者割合 $P_t^{j_y}$ は他のクラスターと比較してかなり高い点である。以上より、外出時間帯は夜型に変化する一方で、居住者の平均外出時間長 l_d は減少する傾向にある。

5. 外出活動とエネルギー消費

1日を0~6時、6~12時、12~18時、18~24時の6時間ごとに区分して ($m=1\sim 4$)、各時間帯の外出活動が公共

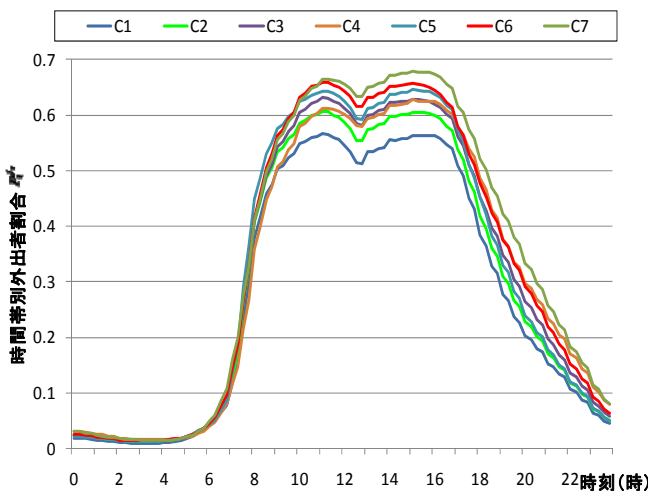


図-5 各クラスターの時間帯別外出割合 $P_t^{j_y}$ の分布

表-6 エネルギー消費モデル推定結果

説明変数	公共		対事業所		対個人	
	サービス		サービス		サービス	
切片	12.33	4.4 **	6.06	5.8 **	11.06	5.9 **
外出者数						
0~6時	0.16	0.7	0.24	3.0 **	0.46	3.1 **
6~12時	-2.96	-1.7 +	-3.29	-5.1 **	-2.16	-1.8 +
12~18時	4.08	2.0 +	4.75	6.3 **	2.42	1.8 +
18~24時	0.73	0.9	-0.65	-2.1 *	0.84	1.5
分散度						
0~6時	-0.14	-1.5	-0.05	-1.4	-0.09	-1.5
6~12時	-2.72	-4.7 **	0.03	0.1	-1.21	-3.1 **
12~18時	0.46	2.9 **	0.11	1.8 +	0.41	3.9 **
18~24時	1.10	2.3 *	-0.10	-0.6	0.26	0.8
R ²	0.839		0.978		0.934	
調整済みR ²	0.824		0.976		0.928	

有意水準: **:1%, *:5%, +:10%

サービス部門（公務、教育学習、医療・福祉など）、対事業所サービス部門（物品賃貸、専門・技術サービスなど）、対個人サービス部門（宿泊、飲食サービスなど）のエネルギー消費量 $e^{k_{j_y}}$ ($k=1\sim 3$) に及ぼす影響を、式(5)で分析する。

$$\ln(e^{k_{j_y}}) = \sum_{m=1}^4 (\alpha_m \ln(\hat{u}_{m_{j_y}}) + \beta_m \ln(v_{m_{j_y}}) + \gamma) \quad (5)$$

ここで、 \hat{u}_{j_y} は都道府県別時間帯別平均外出者数の外出者数、 v_{j_y} は時間帯別分散度、 α_m 、 β_m 、 γ は未知パラメータである。なお、 v_{j_y} には、各自単体の時間帯別外出者数の分散値を用いた。

表-6に、エネルギー消費モデルの推定結果を示す。推定されたパラメータの符号が正の場合は、エネルギー消費増加を、負の場合はエネルギー消費の減少を表す。公共サービスについて有意なパラメータ推定値は、6~12時の外出者数は負、分散度は負であった。これは、6~12時の総外出者数が多く、同時間帯で分散しているほど、1日のエネルギー消費量が低下する可能性を示している。すなわち同時間帯は、全体ではサービス供給容量が需要よりも大きいものの、一部過度な集中が発生している、と考えられる。一方、12~18時の外出者数は正、分散度も正であった。これは、12~18時の外出者数が少なく、同時間帯で集中しているほど、1日のエネルギー消費量が減少する可能性を示しており、時間帯全体でサービス供給容量が需要を上回っていると考えられる。また18~24時は、分散度のみ正であり、1日のエネルギー消費量が減少する可能性を示している。よって、同時間帯の外出者数は集中しているほど、1日のエネルギー消費量は減少する可能性がある。

6. 結論

本研究では、社会生活基本調査の個票データを用いて、時間帯別外出者割合を、時点・都道府県・個人属性別に算出し、時間利用構造に影響を及ぼす要因について分析を行った。今後は、各都市の特性をさらに詳細に考慮した分析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 総務省統計局：社会生活基本調査，1996-2006.
- 2) 朝日新聞出版：民力2008，CD-ROM，2008.
- 3) 総務省統計局：国勢調査時系列データ，<http://www.e-stat.go.jp/estat/html/NewList/000001011777/NewList-000001011777.html>，2005