

外出活動と都市特性を考慮した部門別エネルギー消費原単位に関する分析

広島大学大学院工学研究科

学生員

○三田遼平

広島大学大学院工学研究科

正会員

塚井誠人

広島大学大学院工学研究科

正会員

桑野将司

1. はじめに

近年、日本をはじめとする先進国都市では、都市における1人当たりのエネルギー消費の効率を上げるため、主にコンパクトシティ政策など都市の空間的集約性を高める政策が検討されてきた。既往研究からは、都市の空間的集約性の改善は交通部門での1人当たりのエネルギー効率の改善に資することが示されている。しかし、乗用車部門以外の家庭、業務部門の1人当たりのエネルギー消費量が、都市の空間的な集約性や、人口規模、人口構成、自然環境などからどのような影響を受けているかについての分析は乏しい。またいずれの部門に関しても、人々の外出時間帯に着目した議論はほとんど行われていない。

環境負荷の小さい都市を目指すためには、都市の空間的集約性に加え、自然環境や人口構成などの都市特性、外出活動の時間的集約性、さらに、家庭、業務、交通それぞれの部門での1人当たりのエネルギー消費量を同時に考慮した規制誘導策による、ライフスタイルの変容を提案することが必要である。

本研究では、社会生活基本調査¹⁾を用いて都市別、時点別の時間帯別外出者割合の算出を行い、都市別、時点別の外出活動時間帯の実態を把握する。次に算出した外出活動特性と都道府県別の自然環境や施設立地状況、人口構成などの都市特性を用いて、家庭・業務・乗用車の部門別エネルギー消費原単位への影響要因を明らかにすることを目的とする。

2. 使用データ

本研究では、社会生活基本調査の調査票Aの活動時間帯調査データから集計的な外出活動特性を表す指標を定義し、都道府県間、個人属性間の外出活動特性を集計分析によって明らかにすることにより、人々の時間利用の把握を試みる。表1に調査の概要を示す。

表 1. 社会生活基本調査の概要

実施機関	総務省統計局
調査項目	様々な生活活動の有無や頻度、個人属性、 時間帯別の行動 とその時一緒にいた人
調査年	昭和51から5年ごと（平成3,8,13,18年を使用）
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

なお本研究で用いる社会生活基本調査Aの調査項目には、時間帯別の活動内容は含まれているが、活動場所は含まれていない。すなわち各活動が自宅内、自宅外のどちらで行われたかは不明である。そこで表2に従って、各時間帯の活動内容やその同時活動者から、各活動が外出活動か否かの判定を行った。

表 2. 外出・在宅活動の分類基準

外出活動	通勤・通学、買い物、移動、スポーツ、ボランティア活動・社会参加活動
在宅活動	睡眠、身の回りの用事、家事、テレビ・ラジオ・新聞・雑誌
調査項目より判別	仕事、介護
同時活動者より判別	食事、学業、学習・研究（学業以外）
どちらにも分類できない	育児、休養・くつろぎ、趣味・娯楽、交際・つきあい、受診・診療、その他

3. 時間利用構造の分析

時点 y の社会生活基本調査より得られる個人 i の各時間帯 t における外出の有無を、都道府県 j ごとに集計して得られる時間帯別外出者数 x_{ity}^j を用いて、時間帯別外出者割合 P_{ty}^j を、式(1)より算出する。

$$P_{ty}^j = \frac{\sum_{i \in j} x_{ity}^j}{N_y^j}$$

(1)

ここで、 N_y^j は都道府県 j における人口である。また $P_y^j = \{P_{y1}^j, \dots, P_{yT}^j\}$ と定義して、 P_{yt}^j を全時間帯にわたって連ねた時間利用構造を表すこととする。

時間利用構造 P_y^j の要素数は、以下の分析では96となるが、要素数が多いと定量的な分析が難しい。そこで、最小二乗法による時間利用構造 P_y^j の台形近似を行う。そのイメージを図1に示す。ここで、 x_a は外出

活動開始時刻、 x_d は外出活動終了時刻、 $y_b/(x_b - x_a)$ は外出開始時刻集中度、 $y_c/(x_d - x_c)$ は外出終了時刻集中度、 y_b は日中平均外出者割合である。

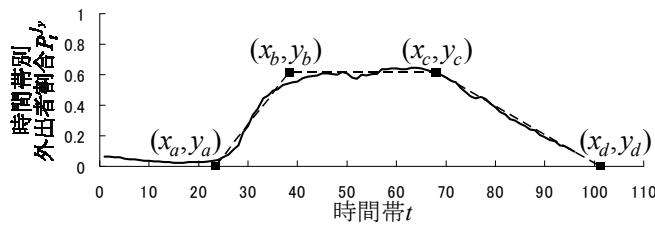


図 1. 外出活動特性の算出

4. 時間利用構造の都市間比較

算出した時間利用構造について、都市間比較を行う。しかし、全ての都道府県間で比較を行うと結果が繁雑となるため、ここでは三大都市を含む都道府県、政令指定都市を含む都道府県、中核市を含む都道府県、それ以外の都道府県に分類し、それぞれの平均をとって比較を行う。得られた結果を表 3 に示す。

表 3 より、都市規模が大きくなるほど、外出開始時刻集中度と外出終了時刻集中度が低く、外出活動終了時刻が遅い傾向が見られた。これは都市規模が大きいほど夜型のライフスタイルをとる人が多いため、人々の外出開始と終了の時間帯が分散する傾向があると考えられる。

表 3. 都市規模別の外出活動特性

都道府県 種別	外出活動 開始時刻 x_a	外出活動 終了時刻 x_d	外出開始 時刻集中度 $y_b/(x_b - x_a)$	外出終了 時刻集中度 $y_c/(x_d - x_c)$	日中平均 外出者割合 y_b
三大都市を 含む都道府県	5:33	25:30	0.1390	0.0704	0.629
政令指定都市を 含む都道府県	5:28	25:08	0.1425	0.0714	0.624
中核市を 含む都道府県	5:35	24:47	0.1535	0.0715	0.608
それ以外の 都道府県	5:39	24:48	0.1577	0.0730	0.614

さらに、個人属性別に外出活動特性を比較する。なお、以下の分析では普段仕事をしている人を有職者、仕事を持たない通学者を学生、年齢が 65 歳以上の人を高齢者とする。算出した個人属性別の外出活動特性を表 4 に示す。表 4 より、高齢者と比べて有職者と学生は、日中平均外出者割合が高く、外出開始時刻集中度が高い。これは仕事や学校といった時間帯の固定された活動があるためと考えられる。

有職者と学生を比較すると、後者の方が外出活動終了時刻は遅く、外出終了時刻集中度も低い。これは学生の方が、世帯内活動に関する参加が少ない反面、アルバイトや塾などの活動が深夜に及ぶためと考えられる。高齢者は外出開始時刻集中度、外出終了時刻集中度、日中平均外出者割合が他の個人属性と比較して最も低い。高齢者は時間帯が制約された活動がないために、外出活動のばらつきが大きいと考えられる。また、高齢者は外出活動開始時刻と外出活動終了時刻が他の個人属性と比較して早いという特徴がある。

表 4. 個人属性別の外出活動特性

個人属性	外出活動 開始時刻 x_a	外出活動 終了時刻 x_d	外出開始 時刻集中度 $y_b/(x_b - x_a)$	外出終了 時刻集中度 $y_c/(x_d - x_c)$	日中平均 外出者割合 y_b
有職者	5:37	25:04	0.1953	0.0894	0.731
学生	6:26	26:13	0.2719	0.0680	0.736
高齢者	5:07	23:12	0.0699	0.0526	0.390

5. エネルギー消費原単位の経年比較

各部門のエネルギー消費原単位の推移を、図 2 に示す。なお図 2 のエネルギー消費量データは、経済産業研究所が実施した都道府県別エネルギー消費統計⁴⁾である。このデータは 1990 年以降、部門別エネルギー消費量について毎年調査されている。このうち民生家計部門、民生業務他部門、家計乗用車部門のエネルギー消費量を分析に用いる。なお本研究において各部門で消費されたエネルギー消費量を都道府県の人口で除した値を、それぞれ都道府県別の家庭エネルギー消費原単位、業務エネルギー消費原単位、乗用車エネルギー消費原単位と呼ぶ。

部門別エネルギー消費原単位は、高い順に業務、家

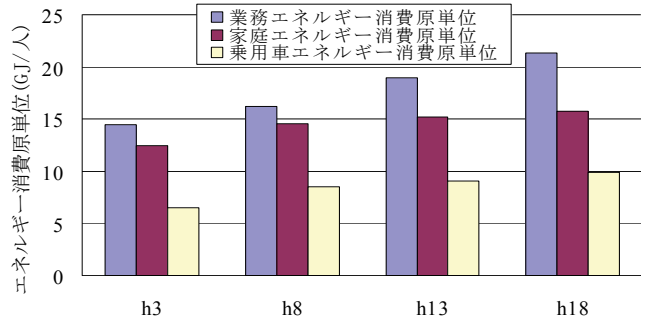


図 2. 時点別エネルギー消費原単位

庭，乗用車の順であった．これらの値は平成3年から平成18年にかけて全部門で増加している．各部門のエネルギー消費原単位の増加率は，それぞれ47%，27%，52%であり，家庭エネルギー消費原単位の増加率と比較すると乗用車エネルギー消費原単位と業務エネルギー消費原単位の増加率が高い．これは，近年の自動車利用の増加によって生活活動の時間制約が大きく緩和されたで，就労時間帯の分散が進んだこと，ならびにライフスタイルの多様化を背景として，商業施設などの営業時間が長時間化したことが原因と考えられる．

6. エネルギー消費の因果構造分析

複雑な構造を有する変数間の因果関係を表現できる共分散構造分析手法を用いて，部門別エネルギー消費原単位の因果構造モデルを構築する．なお分析には，4時点×47都道府県の188サンプルを用いた．都道府県別，時点別の変数として，都市特性に関する変数と算出した外出活動特性を入力側変数と設定した．さらに，出力側に部門別エネルギー消費原単位パス構造を仮定したモデルを推定した．都市特性データは，民力²⁾やこれらの都市特性データの一覧を表5に示す．

表5 都市特性データ一覧

人口	工場用地面積
人口密度	コンビニ数
年少人口（15歳未満）	飲食店数
生産年齢人口（15～64歳）	会社数
老年人口（65歳以上）	病院数
外国人人口	保育所数
昼間人口/夜間人口	第1次産業総生産割合
就業者総数	第2次産業総生産割合
第1次産業就業者数	第3次産業総生産割合
第2次産業就業者数	1人当たりの県民所得
第3次産業就業者数	県内総生産（総額）
世帯数	農業産出額
単身世帯率	漁獲総量
子供がいる世帯の割合	労働者平均給与
共働きの世帯数	平均貯蓄率（勤労者世帯）
核家族率	高速自動車国道総延長
母子家庭・父子家庭の割合	年間輸送人員鉄道
総面積	年間輸送人員旅客バス
可住地面積	年間輸送人員航空
人口集中面積	道路舗装率
耕地面積	自動車保有台数
一般病院年間新入院患者数	快晴日数（日/年）
通院者率	降水日数（日/年）
平均寿命（男）	雪日数（日/年）
平均寿命（女）	日照時間（時間/年）
年平均気温（℃）	降水量（mm/年）

総務省統計局地域別統計データベース³⁾を用いた．こ

社会生活基本調査の調査年（h3，h8，h13，h18）と都市特性に関するデータの調査年が一致しない場合は，直近年度の統計値を用いた．表5に示す都市特性データをモデルの説明変数の候補として，様々なパスの組み合わせを行い，変数とモデル構造を探索的に繰り返すことによって，最も当てはまりの良いモデルを構築する探索的推定法を試みた．モデルの有意性は，モデル全体の適合度，およびパスの有意性の2つの観点から判断する．

都市特性に関するデータのうち，人口，年少人口，老年人口，可住地面積，コンビニ数，会社数，年平均気温，降水日数，県内総生産を入力側変数に採用したとき最もモデルの有意性が高い結果が得られた．因果構造モデルの推定結果を図3に示し，各変数が他の変数に及ぼす影響の総合効果を表6に示す．

図3においては，観測変数に影響を与える因子として，潜在変数（構成概念）が現れる．これらの潜在変数は，観測変数とのパスの符号を考慮して，それぞれ以下のように名付けた．「少子高齢化の程度」は，年少人口割合の低さと，老年人口割合の高さを表す潜在変数である．「温暖少雨な自然環境」は，年平均気温の高さと，降水日数の少なさを表す潜在変数である．「都市の空間的集約性」は，可住地面積当たりの会社数，人口，およびコンビニ数の多さを表す潜在変数である．つまりこの変数は，すなわち都市における業務，人口，商業施設の集約度を表している．また「外出活動の時間的集約性」は，外出活動開始時刻が遅く，外出活動終了時刻が早く，外出開始時刻集中度が高く，外出終了時刻集中度が高く，日中平均外出者割合が高いときに大きな値をとる．つまりこの潜在変数は，人々の1日の外出時間帯が短く，かつ外出の開始と終了の時刻が集中しており，さらに日中の外出者割合が高い状態を表す指標である．

モデルの適合度を表すAGFIは0.357となり，比較的当てはまりの良いモデルが得られた．図3と表6より，都市の空間的集約性の改善は1人当たりの生産性を上昇させることが明らかとなった．一方，外出活動の時間的集約性が高いと，一人当たり生産性が低下する傾向も確認された．また都市の空間的集約性が家庭・業務・乗用車部門のエネルギー消費原単位に及ぼす総合効果は，それぞれが一人当たりエネルギー消費

量の次元を有するように各変数の分散値を考慮した変換を行っており、加法可能である。これら3部門の総合効果値を合計すると、0.053 となり、わずかながら正の値が得られた。すなわち、都市の空間的集約性を高めると移動エネルギーを低下させることができるが、その効果は、社会全体では業務エネルギーや家庭エネルギーの増加によって相殺されるため、エネルギー消費原単位にほとんど影響を与えないか、やや上昇する傾向が明らかとなった。ただし、都市の空間的集約性と外出活動の時間的集約性の間には、互いに負の依存関係が見られた。

このほか、少子高齢化が継続すると、外出活動の時間的集約性が低くなり、各部門のエネルギー消費原単位が増加する可能性があることが示された。

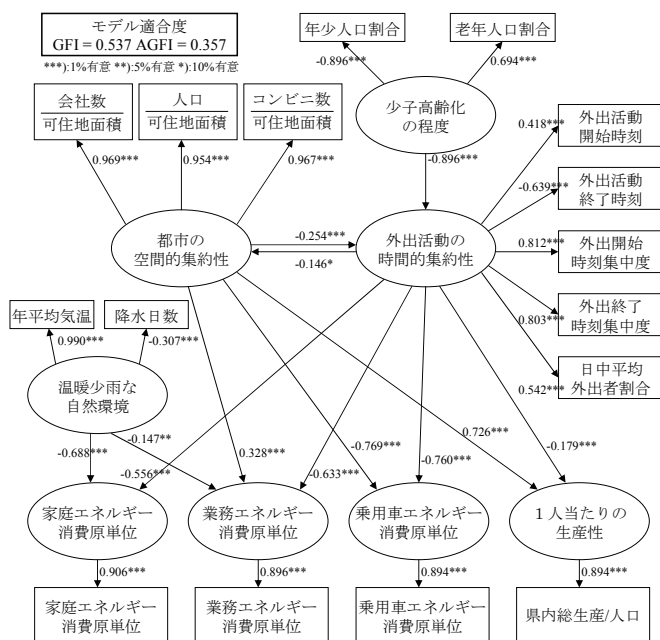


図 3. エネルギー消費原単位に関する因果構造モデル

表 6. 総合効果

	外出活動の 時間的集約性	都道府県の 空間的集約性	少子高齢化 の程度	温暖少雨な 自然環境
外出活動の 時間的集約性	0.039	-0.264	-0.930	0
都道府県の 空間的集約性	-0.152	0.039	0.136	0
家庭エネルギー 消費原単位	-0.523*	0.133*	0.468*	-0.623*
業務エネルギー 消費原単位	-0.634*	0.455*	0.568*	-0.132*
乗用車エネルギー 消費原単位	-0.601*	-0.535*	0.538*	0
県内総生産/人口	-0.265	0.716	0.237	0

*分散値を考慮して、GJ/人・年の単位に変換済のため、直接和をとることができる。

7. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

外出活動特性の時点間、都市間、および個人属性間の比較を行った結果、人々の外出時間帯は経年的にばらつく傾向があり、特に外出終了時刻は遅くなっていることが明らかとなった。また、高齢者のように時間帯が制約された活動がなければ、外出活動時間帯のばらつきが大きく、都市の規模が大きくなるほど夜型の時間利用構造をとり、外出活動の時間帯が分散する傾向にあることが明らかとなった。

また、1人当たりの部門別エネルギー消費量は経年的に増加する傾向がみられ、特に1人当たりの乗用車エネルギー消費量の増加が顕著であった。共分散構造分析を用いて、家庭・業務・乗用車の部門別エネルギー消費原単位に影響を及ぼす要因を分析したところ、家庭エネルギー消費原単位の低減には温暖少雨な自然環境の影響が大きく、業務エネルギー消費原単位と乗用車エネルギー消費原単位の低減には外出活動の時間的集約性の影響が大きいことが明らかとなった。1人当たりの県内総生産の増加には都市の空間的集約性の影響が大きいことが明らかとなった。よって、部門別エネルギー消費原単位低減のためには、外出活動の時間的集約性を高めることが有効であるが、外出活動の時間的集約性と都市の空間的集約性はトレードオフの関係にあり、外出活動の時間的集約性を高めると1人当たりの県内総生産を減少させてしまうことが明らかとなった。

今後の課題として、より詳細な小地域単位のデータが得られる2005年について、市町村単位の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，1991～2006.
- 2)朝日新聞出版：民力2008，CD-ROM，2008.
- 3)総務省統計局：地域別統計データベース．<http://www.e-stat.go.jp/SG1/chiiki/CommunityProfileTopDispatchAction.do?code=2#>（アクセス日：2011.2.14）
- 4)戒能一成：都道府県別エネルギー消費統計．<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/energy/index.html>（アクセス日：2011.2.14）