

複数の統計調査を組み合わせた世帯の家庭・交通エネルギー消費量の同時推計方法の検討

坂本将吾¹・鹿島茂²・谷下雅義³

¹正会員 中央大学理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

E-mail:s-shogo@civil.chuo-u.ac.jp

²正会員 中央大学理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

E-mail:kashima@civil.chuo-u.ac.jp

³正会員 中央大学理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

E-mail:tanishi@civil.chuo-u.ac.jp

世帯が消費している家庭エネルギーと交通エネルギーには世帯単位の活動スケジュールを通じた相関関係がある。本研究では世帯単位の交通エネルギー消費量の推計に数多く用いられてきたパーソントリップ調査と、在宅時の詳細な活動が把握でき世帯の家庭エネルギー消費量推計に用いられてきたNHK国民生活時間調査と社会生活基本調査を組み合わせ、世帯が消費する家庭と交通エネルギー消費量の相関関係を考慮した上で同時推計することを目的とする。具体的にはNHK国民生活時間調査から生成した在宅時の活動をPT調査の各サンプルの在宅時間に世帯人員間の共有時間を考慮して割り当てることを検討した。仙台都市圏を対象に適用した結果、実測調査との比較から家庭エネルギー消費量が精度よく推計可能であることを示した。

Key Words : household residential and transportation energy consumption, data fusion

1. 背景・目的

世帯が消費している家庭エネルギーと交通エネルギーには世帯単位の活動スケジュールを通じた相関関係がある。人々の活動スケジュールが変化し、仮に移動時間の削減により交通エネルギー消費量が削減されるとしても、他の活動へ使う時間が増加するため、交通エネルギー消費量以外が増加する可能性がある。

例えば、移動時間の減少が在宅中にTVを観る時間を増加させていけば、交通エネルギー消費量が削減されても、家庭エネルギー消費量(この場合は電力消費量)が増加する、といった場合である。

そのため、ひとびとの活動がどのように変化し、それにより家庭と交通エネルギー消費量がそれぞれどのように変化しているか視野に入れて削減効果を試算する必要がある。

こうした試算のためには、世帯の家庭エネルギー消費量推計に必要な在宅時の詳細な活動に関する情報と、交通エネルギー消費量推計に必要な移動手段や移動距離、自動車保有台数などの情報が同時に必要となる。

しかしながら、これらを世帯単位で同時に調査してい

る統計はない。

一方で、世帯の活動に関する既存の統計調査は、集計単位や地域区分などが統一されていない場合が多いが、断片的には必要となる活動スケジュールと世帯属性の関係が調査されている。

さらに、異なる複数の統計調査を共通する情報を基に統合利用する方法が提案されている¹⁾。

そこで本研究は、新たな調査を実施するのではなく、複数の既存統計調査を組み合わせることで、世帯の活動スケジュールに関するマイクロデータを生成する方法を開発し、家庭エネルギー消費量と交通エネルギー消費量を同時に推計する方法の検討を目的とする。

本研究では世帯単位の交通エネルギー消費量の推計に数多く用いられてきたパーソントリップ調査(以下、PT調査)と、在宅時の詳細な活動が把握でき世帯の家庭エネルギー消費量推計に用いられてきたNHK国民生活時間調査(以下、NHK調査)、社会生活基本調査を組み合わせることで、世帯が消費する家庭と交通エネルギー消費量の相関関係を考慮した同時推計を検討する。

2. 先行研究のレビュー

(1)家庭・交通エネルギー消費量の削減効果を同時に評価している研究

交通エネルギー消費量だけではなく、家庭エネルギー消費量がどのように変化するかを宇都宮市を対象とした居住地誘導の評価を行っている研究に中井ら²⁾がある。

中井らの課題としては、限られたサンプルから作成された原単位を都市圏全域に適用することの精度と、床面積や世帯類型別の原単位ではエネルギー需要部門間の相互作用が考慮できないことが挙げられる。建て方×世帯類型の原単位を数サンプルで作成し、宇都宮市全域に適用していることから信頼性が低いと考えられ、また、都心と郊外での建て方×世帯類型の原単位の違いを考慮できていない可能性がある（例えば、都心の夫婦世帯の集合住宅居住と郊外部の夫婦世帯の集合住宅居住を同じ原単位で評価していることになるが、在宅時間の長さや在宅時間帯の違いによる原単位の違いが存在すると考えられる）。また、家庭と交通エネルギー消費量を同時に評価指標としているが、原単位に活動が考慮されていないために、エネルギー消費量間の相関係数は考慮されていない。

(2)活動スケジュールを考慮した家庭エネルギー消費量推計に関する研究

世帯の家庭エネルギー消費量・CO₂ 排出量には多様なライフスタイルが反映するために、これまでの研究では、活動の平均に加えらつきも把握できる NHK 調査を用いた活動スケジュールの確率的な生成によりライフスタイルの多様性を再現し、世帯の家庭エネルギー消費量・CO₂ 排出量の推計が行われてきた。

この方法は全国のエネルギー消費量・CO₂ 排出量の将来予測、削減対策の効果分析に数多く用いられてきた³⁾。

しかし、我々はこの方法には NHK 調査のみを用いていることに起因する課題が 3 つあることを指摘してきた⁴⁾
^{5) 6)}。

1 つ目の課題は、全国単位の活動のみが把握できる NHK 調査から生成した活動スケジュールでは、居住場所（都心か郊外かなど）ごとの活動スケジュールの違いが再現出来ていない点である。個票データであるパーソントリップ調査（以下 PT 調査）では、（詳細な活動までは把握できないものの）合計在宅時間及び移動時間については居住場所による違いが把握可能であり、その PT 調査との比較から NHK 調査のみを用いた活動スケジュールでは在宅時間帯や通勤時刻・時間等の居住場所による活動スケジュールの違いが再現出来ていないことを明らかにした⁴⁾。

2 つ目の課題は、個人類型（年代、性別、就業の有無）別のパラメータのみが把握できる NHK 調査から生成した活動スケジュールでは、世帯類型ごとの活動スケジュールの違いが再現出来ていない点である。個人は、その属する世帯類型が違えば同じ個人類型であっても他の世帯人員との関係から活動スケジュールが異なってくる。PT 調査では、個人だけでなくどのサンプル同士が同一世帯かまで把握できる。この点についても PT 調査と比較を行ない、「子供のいない世帯で育児を行なっている」など世帯類型ごとの違いが再現出来ていないことを明らかにした⁵⁾。

3 つ目の課題は、共有時間の考慮が出来ていない点である。世帯人員が同じ部屋で過ごし家電等を同時に使用している状況（共有時間と呼ぶ）では当然エネルギー消費量は人数分にならないが、これまでは人数分として、過大に推計にされていた。この点を考慮したエネルギー消費量推計を行なった結果、エネルギー消費量の削減策の効果を判断する上で無視できない程度の差があり、共有時間を考慮する必要性を定量的に示した⁶⁾。

以上のように、これまで家庭エネルギー消費量の推計に用いられてきた NHK 調査のみを用いた活動スケジュール生成方法は精度の改善が必要であることを示してきた。

本研究で検討する NHK 調査だけではなく PT 調査と社会生活基本調査など、複数の統計調査を組み合わせることで、交通エネルギー消費量との同時推計が可能になるだけでなく、家庭エネルギー消費量のみの推計精度も上げることができると考えられる。

3. 方法

本研究では NHK 調査のみではなく、PT 調査と社会生活基本調査を組み合わせ活動スケジュールを生成する。

NHK 調査と PT 調査を組み合わせることの利点は、PT 調査が在宅時の詳細な活動（食事、TV 等）は把握できない点を NHK 調査で補完でき、NHK 調査が活動の平均と分散が把握できるのみである点を一人ひとりの在宅時間と移動に関しては詳細に把握できる PT 調査で補完でき、相互補完的に多くの情報が得られることである。

本研究では、PT 調査の在宅時間を所与として NHK 調査を用いて活動スケジュールを生成し、NHK 調査と PT 調査で共通して把握できる属性である個人類型を参照して照合させて組み合わせる。

NHK 調査には個人類型の情報しか公表されていない。しかし異なる統計調査間で共通して把握できる情報がより多くなれば、それらをすべて組み合わせる際に利用することで、細かな属性による違いを考慮した上で統合利用することができるようになり、精度が高くなると考え

られる。

そこで社会生活基本調査の情報を活用し、NHK 調査の情報をより多く属性の違い、特に世帯類型による違い（世帯人員間の相互作用）が考慮できるようにする。

さらに PT 調査と組み合わせることにより世帯人員間の活動の関係が把握可能になることを利用して、部屋の利用確率を仮定することで共有時間の再現も検討する。

以下、はじめに(1)PT調査とNHK調査を組み合わせる方法について説明する。次に(2)社会生活基本調査の情報を活用してNHK調査の情報を個人類型別世帯類型別にすることで世帯人員間の活動の相互作用を考慮する方法と共有時間を考慮する方法を説明する。

(1) PT 調査と NHK 調査の組み合わせる方法

一日 24 時間のある離散的な時刻 t で区分する。そして、対象地域に N 人の個人がいるとする。

ある個人 i がある時刻 t である在宅時に行なう活動 a を行なっていれば 1、行なっていなければ 0 をとる変数 Δ_{iat} を定義する。活動 a は在宅時に行なう活動なので、変数 Δ_{iat} が 1 であればかならず在宅していることになる。あるいは、 Δ_{iat} を活動 a について足し合わせた値が 1 であれば個人 i は時刻 t において在宅していることになる。

個人 i がある在宅時に行なう活動 a をその日一日で何分行なったかを示す活動時間 z_{ia} は、 Δ_{iat} を時刻 t について足し合わせた値となり、在宅時に行なう活動 a の活動時間 T_{ia} を活動 a すべてについて足し合わせた値が個人 i の合計在宅時間 Z_i となる。

$$Z_i = \sum_a z_{ia} = \sum_a \sum_t \Delta_{iat} \quad (1)$$

ある時刻 t において活動 a を行なっていた人数（「時刻別行為者数」と呼ぶ） n_{at} は、 Δ_{iat} を個人 i について足し合わせた値となる。そして時刻別行為者数 n_{at} を個人数 N で割った値はある時刻 t において全体の何割の人が活動 a を行なっていたかを示す値（「時刻別行為者率」と呼ぶ） p_{at} となる。

$$p_{at} = \frac{n_{at}}{N} = \frac{\sum_i \Delta_{iat}}{N} \quad (2)$$

次に、活動 a の活動時間 T_{ia} が 0 ではないときに 1, 0 であるときに 0 となる変数 δ_{ia} を定義する。

$$\delta_{ia} = \begin{cases} 1 & z_{ia} (= \sum_t \Delta_{iat}) > 0 \\ 0 & z_{ia} (= \sum_t \Delta_{iat}) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

変数 δ_{ia} を個人 i について足し合わせた値は活動 a をその日一日のうちに行なった人数（「行為者数」と呼ぶ） n_a となる。行為者数 n_a が全体の人数 N に占める割合を活動 a の「行為者率 P_a 」と呼ぶ。そして、活動 a の活動時間 z_{ia} の行為者についての平均と標準偏差である、行為者平均時間 μ_a と行為者標準偏差 σ_a は行為者数 n_a を用いて以下のように算出できる。

$$P_a = \frac{n_a}{N}, \quad \mu_a = \frac{\sum_i z_{ia}}{n_a}, \quad \sigma_a = \frac{\sum_i (z_{ia} - \mu_a)^2}{n_a} \quad (4)$$

ここまでの整理における変数のうち、行為者率 P_a 、行為者平均時間 μ_a 、行為者標準偏差 σ_a 、時刻別行為者率 p_{at} に関しては NHK 調査で公表されている。NHK 調査で公表されているこれらの変数を、統計調査の違いを強調するために、それぞれ P_a^{NHK} 、 μ_a^{NHK} 、 σ_a^{NHK} 、 p_{at}^{NHK} と区別して定義する。

PT 調査では、時刻別に在宅しているかどうか、つまり Δ_{iat} を活動 a について合計した値、 $\sum_a \Delta_{iat}$ が各サンプルについて把握できる。そしてさらにこの変数を時刻について合計した値、つまり合計在宅時間 Z_i が把握することができる。合計在宅時間についても PT 調査で把握される場合を強調して Z_i^{PT} と区別して定義する。

二つの統計調査で把握することができない変数は、 Δ_{iat} を時刻について合計した値、つまり各サンプルの在宅時の詳細な活動の活動別の活動時間 $z_{ia} = \sum_t \Delta_{iat}$ と、そのもととなる変数である Δ_{iat} が把握することができない。つまり本研究で提案する統合利用の方法では、PT 調査で把握されていない Δ_{iat} を、NHK 調査を何らかの形で用いることにより PT 調査へと割り当てる方法、ということになる。

この方法で割り当てた結果生成されるマイクロデータにおける Δ_{iat} を生成した結果であることを強調するために $\hat{\Delta}_{iat}$ とする。二つの統計から把握することのできない z_{ia} は $\hat{z}_{ia} = \sum_t \hat{\Delta}_{iat}$ となる。

$\hat{\Delta}_{ia}$ と $\hat{z}_{ia}$ を用いて、NHK 調査であらかじめ公表されている変数、つまり行為者率 P_a 、行為者平均時間 μ_a 、行為者標準偏差 σ_a 、時刻別行為者率 p_{at} 、そして PT 調査であらかじめ把握することができる変数、つまり合計在宅時間を同じ定義の変数を示すことができる。

$\hat{\Delta}_{ia}$ をから算出される行為者率、行為者平均時間、行為者標準偏差、時刻別行為者率をそれぞれ $\hat{P}_a$ $\hat{\mu}_a$ $\hat{\sigma}_a$ $\hat{p}_{at}$ とする。そしてこれらの生成したマイクロデータにおける変数の値が、NHK 調査、PT 調査のももとの統計調査の変数の値と原理的には等しくなっている必要がある。そしてこの関係式が統合利用方法の適用結果が満たすべき制約条件であるといえる。

基本的な設定として時刻の刻み幅を決める。本研究では NHK 調査と社会生活基本調査の時刻別行為者比率が 15 分単位での統計であるため、活動スケジュールを 15 分単位で生成するとする。PT 調査では 1 分ごとに移動の開始時刻や到着時刻が公表されているため、PT 調査を 15 分ごとの活動に整理する。

次に活動時間データの生成と PT 調査への割り振る方法を説明する。

まず個人類型 k 別の活動 a の行為者比率 P_{ka} を、個人類型が k のある個人 i が一日のうちに活動 a を行なう実行確率であると仮定して、活動の実行の有無を決定する。

個人類型が k である個人 i が、活動 a を実行する場合に 1、実行しない場合 0 となる変数を $\hat{\delta}_{ia}$ とする。 $\hat{\delta}_{ia}$ は NHK 調査で公表されている行為者率 P_{ka}^{NHK} と 1 から 100 までの一様乱数との比較により決定される。

$$\hat{\delta}_{ia} = \begin{cases} 1 & (P_{ka}^{NHK} > X) \\ 0 & (P_{ka}^{NHK} < X) \end{cases} \quad (5)$$

ただし、PT 調査で得られるサンプルの在宅時間によっては行い得ない活動（例えば、昼間に在宅していない人には昼食は選ばれないなど）、在宅している時間帯に時刻別行為者率がゼロの活動があるため、その活動は選ばれないという条件を設ける。

こうした条件をあらかじめ設定することで、より現実の再現性が高まる点が NHK 調査だけでなく、PT 調査の情報も活用することの利点である。

次に選ばれた活動ごとに、行為者平均時間 μ_{ka}^{NHK} 、行

為者標準偏差 σ_{ka}^{NHK} に従う対数正規乱数 R_{ia} を発生させ、該当活動の活動時間（継続時間） $\hat{z}_{ia}$ を決定する。

$$\hat{z}_{ia} = \ln(R_{ia}), \quad R_{ia} \sim N(\mu_{ka}^{NHK}, \sigma_{ka}^{NHK}) \quad (6)$$

活動の実行の有無の選択と活動時間の決定を繰り返すことでサンプル i の在宅時の活動の合計時間を決定する。

この活動の実行の有無の選択と活動時間の決定の繰り返しは、PT 調査で得られるサンプル i の在宅時間に等しくなることを制約条件として繰り返される。

$$\sum_a \hat{\delta}_{ia} \cdot \hat{z}_{ia} = \hat{Z}_i = Z_i^{PT} \quad (7)$$

このとき決定された在宅時の活動の合計時間がサンプル i の合計在宅時間 Z_i^{PT} と等しくなることは計算上ほとんど起こり得ないため、すべてのサンプルの在宅時活動を決定するために計算時間が大きくなってしまう。

そのため、本研究では、選ばれた活動時間の総和が在宅時間+1 時間以内であれば在宅時間を超えた分をランダムに削除し在宅時間と等しくし、制約が満たされなければ再度選択をやり直すこととする

$$Z_i^{PT} \leq \sum_a \hat{\delta}_{ia} \cdot \hat{z}_{ia} \leq Z_i^{PT} + 1 \quad (8)$$

次はこの決定された活動時間 $\hat{z}_{ia}$ を一日 96 コマに分けられた各サンプルの在宅時間帯へ割り振っていく方法について説明する。ここでは NHK 調査の時刻別行為者率 P_{kat}^{NHK} を用いて決定する。

まず PT 調査で得られる各サンプルの帰宅時刻を初期開始時刻 t^0 とし、その時刻において行われる活動を時刻別行為者率 P_{kat}^{NHK} がその時刻における活動 a の開始確率であると仮定して、一様乱数との比較から、その時刻から開始するかどうか決定される。サンプル i が時刻 t^0 に活動 a を行う確率であり、時刻 t^0 における時刻別行為者比率が最も高いものが選ばれやすいことを前提にしている。

活動が選択された後、その時刻から選択された活動の継続時間分 $\hat{z}_{ia}$ はその活動が行われることとし、時刻 t^0 から活動時間 $\hat{z}_{ia}$ だけ時刻を進める。そして進んだ先の

時刻 $t^i = t^0 + \hat{z}_{ia}$ における時刻別行為者率 $P_{kat^i}^{NHK}$ が活動の開始確率であると見なしてその時刻から開始される活動を決定する。この手順で全ての活動が選択されるまで続ける。

(2) 社会生活基本調査を用いた世帯人員間の活動の相互作用と共有時間の考慮

a) 世帯人員間の活動の相互作用の考慮

活動時間の決定には個人類型 k だけではなく、家族の構成など世帯類型 h も考慮する必要がある。しかし、NHK 調査では個人属性別の行為者比率 P_{ka} や行為者平均時間 μ_{ka} しか得られない。一方で社会生活基本調査では活動区分 a が異なるものの個人類型別、世帯類型別の行為者比率 P_{ka}, P_{ha} 、行為者平均時間 μ_{ka}, μ_{ha} が得られるため、個人類型別世帯類型別の行為者比率 $\hat{p}_{kha}$ 、行為者平均時間 $\hat{\mu}_{kha}$ を推計することができる。そこで、 $\hat{p}_{kha}, \hat{\mu}_{kha}$ を NHK 調査の活動区分に対応させて NHK 調査の行為者比率や行為者平均時間を修正する。ただし、行為者標準偏差は世帯属性によらず一定であることとした。

$$P_{kha} = \frac{\hat{p}_{kha}}{P_{ka}^{soc}} \times P_{ka}^{NHK}, \quad \mu_{kha} = \frac{\hat{\mu}_{kha}}{\mu_{ka}^{soc}} \times \mu_{ka}^{NHK} \quad (9)$$

$\hat{p}_{kha}, \hat{\mu}_{kha}$ の定義より行為者比率は行為者数 n とサンプル数 N の比であり、行為者平均時間は活動の合計時間 T を行為者数 n で割った値であるため式で表される（全ての活動で共通）。個人類型別世帯類型別行為者数 n_{kh} 、活動合計時間 T_{kh} 、と個人類型別、世帯類型別行為者数 n_k, n_h 、活動合計時間 T_k, T_h の関係はのように表せる。

$$\begin{aligned} \hat{p}_{kh} &= \frac{n_{kh}}{N_{kh}}, \quad \hat{\mu}_{kh} = \frac{T_{kh}}{n_{kh}} \\ \sum_h n_{kh} &= n_k, \quad \sum_k n_{kh} = n_h \\ \sum_h T_{kh} &= T_k, \quad \sum_k T_{kh} = T_h \end{aligned} \quad (10)$$

サンプル数 N は PT 調査を用いて把握した。それぞれの連立方程式を解き、個人類型別世帯類型別の行為者数 n_{kh} や活動合計時間 T_{kh} を推計し、個人類型別世帯類型別行為者比率および行為者平均時間を求める。しかしこの連立方程式は方程式の数に対して未知数の方が多く一

意に解が定まらないため、在宅行為者数 n_{kbs} 、在宅合計時間 T_{kbs} を初期値としたフレーター法で推計することとした。

次に 1 日 96 コマに分けられた各時刻にどの活動を行うかを決定する。初期開始時刻を PT 調査で得られる各サンプルの帰宅時刻とし、朝食、夕食、睡眠に関しては時刻別行為者率 P_{kat}^{NHK} ではなく開始時刻別行為者率 S_{kbt}^{soc} で時刻を決定する。また活動の順序や世帯員同士の関係が非現実的になる可能性があるため、炊事は食事の前に行う、風呂はほかの世帯人員とは重ならない、など条件を設けて活動の時刻を決定した。

食事を一緒にするかどうかは世帯によって異なるため、世帯主の食事開始時刻と一緒に行うかどうかを社会生活基本調査で得られる食事に関する開始時刻別行為者率 S_{kbt}^{soc} を用いて確率的に決定する。開始時刻別行為者率 S_{kbt}^{soc} を累積化した累積開始時刻別行為者率は既に食事を済ませた確率であることとすると、一緒に食事を開始する可能性があるのはまだ食事をしていない残りの累積開始者数となる。これを同時考え、一緒に食事をする事になったサンプルは食事だけが先に決まった後に他の活動を決める。

b) 共有時間の考慮

決定した活動がどこの部屋で行われたかを考慮する。活動がどこの部屋で行われるかは個人類型や住宅属性によって異なるため、個人類型別住宅属性別に部屋使用確率を設定し部屋を割り当てる。しかし、部屋使用確率は外生的に設定することができない。

一方で社会生活基本調査では個人類型ごとの活動区分の時刻別同時在室比率を得ることができる。そこで時刻別同時在室比率と推計値の最小にするように部屋使用確率を修正し最小になった時の部屋使用状況を採用する。

(3) 家庭エネルギー消費量推計

生成した活動スケジュールを基に世帯単位のエネルギー消費量を推計する。推計対象とするエネルギー消費量は用途別に動力、厨房、給湯を推計する。活動種類別に使用する機器を設定し、原単位を掛け合わせることでエネルギー消費量を推計する。共有時間は人数分推計せず 1 人分として推計する。

(4) 対象都市圏と使用データ

本研究の対象地域は仙台都市圏である。仙台都市圏を

対象地域として選定した理由は PT 調査の付帯調査が利用可能であるためである。

2002 年の第 4 回仙台都市圏 PT 調査の付帯調査である「通勤交通と居住に関する調査」では通常の PT 調査の調査内容に加えて、過去の住み替えの履歴などについて調査を行っている。住宅属性として建て方、間取り、床面積を把握することができる。サンプル数は 27727(人)、10810(世帯)である。

NHK 国民生活時間調査は 2005 年の全国の結果を用いた。サンプル数は 10841(人)である。この調査も PT 調査と同様 10 月に実施されたものである。

社会生活基本調査は 2000 年の仙台都市圏の値を用いた。サンプル数は約 8 万世帯である。この調査も PT 調査と同様 10 月に実施されたものである。

家庭エネルギー消費量推計精度の検証のための比較データとして二点使用する。

比較対象としたのは日本建築学会で行われた実測調査「日本の住宅におけるエネルギー消費」である。本研究では対象地域が仙台都市圏とするが、宮城県のサンプルだけに限定してしまうとサンプル数が非常に少なくなってしまうため東北地方の 13 サンプルを比較対象とした。

総合エネルギー統計では全国平均ではあるが世帯当たりの用途別のエネルギー消費量が公表されている。この値を一日単位にして比較を行なうこととした。

年間の平均をと比較することで季節変動の影響などが考えられるが、家庭エネルギー消費量は比較可能なデータが限られているため用いることとした。

表1 使用データ

使用データ	調査時期	対象地域
第4回仙台都市圏 PT 調査 付帯調査「通勤交通と居住に関する調査」	2002 年 10 月	仙台都市圏
NHK 調査	2005 年 10 月	全国
社会生活基本調査	2000 年 10 月	仙台都市圏
日本建築学会「日本の住宅におけるエネルギー消費」	2002 年 12 月 から 2004 年 3 月	東北地方
総合エネルギー統計	2002 年	全国

(5) 個人類型・世帯類型・活動種類の設定

次に個人類型と世帯類型の設定について説明する。

本研究では個人類型は NHK 調査の分類に合わせることにし、PT 調査の年齢や職業から表の通りに分類した。PT 調査と NHK 調査の属性は表2に示す個人類型を対応させることができる。つまり社会生活基本調査を用いずに

活動スケジュールを生成する場合は、PT 調査と NHK 調査をこの個人属性のみを対応させて組み合わせしていく。

世帯類型は社会生活基本調査 6 分類で分類した。

NHK 調査と社会生活基本調査の組み合わせにおいては、個人類型別世帯類型別の活動に関する情報を得ることを試みていることになる。つまり個人属性だけで PT 調査と対応させていたのを個人属性×世帯類型のパターンで PT 調査と対応させることが可能になる。

NHK 調査と社会生活基本調査の活動は類似してはいないものの完全には対応していない。

NHK 調査と社会生活基本調査の活動の対応関係は表4の通りである。社会生活基本調査と NHK 調査の活動分類は異なっているため、活動の定義を参照し対応させた。

表2 個人類型

個人類型	k
男 20 代勤め人	1
男 30 代勤め人	2
男 40 代勤め人	3
男 50 代勤め人	4
女 20 代勤め人	5
女 30 代勤め人	6
女 40 代勤め人	7
女 50 代勤め人	8
小学生	9
中学生	10
高校生	11
大学生	12
男高齢者	13
女高齢者	14
主婦	15
無職	16
農林漁業者	17

表3 世帯類型

世帯類型	内容	h
単身世帯	世帯人員が一人の世帯	1
夫婦のみ世帯	夫婦のみで居住する世帯	2
夫婦と子供の世帯	夫婦と子供から成る世帯 男親と子供から成る世帯 女親と子供から成る世帯	3
夫婦と親の世帯	夫婦と両親から成る世帯 夫婦とひとり親から成る世帯	4
夫婦、子供、親の世帯	夫婦、子供と両親から成る世帯 夫婦、子供とひとり親から成る世帯	5
その他の世帯	夫婦と他の親族(親、子供を含まない)から成る世帯 夫婦、子供と他の親族(親、子供を含まない)から成る世帯 夫婦、子供、親と他の親族から成る世帯 兄弟姉妹のみから成る世帯	6

表4 NHK調査と社会生活基本調査の活動の対応

NHK 調査	社会生活基本調査	a
睡眠	睡眠	1
食事	食事	2
身の回りの用事	身の回りの用事	3
療養・静養	受診・療養	4
仕事	仕事	5
仕事の付き合い		
授業・学内の活動	学業	6
学校外の学習		
炊事・掃除・洗濯	家事	7
買物	買物	8
子供の世話	育児	9
家庭雑事	介護・看護	10
通勤	通勤・通学	11
通学		
社会参加	社会参加	12
会話・交際	交際・付き合い	13
スポーツ	スポーツ	14
行楽・散策	移動	15
趣味娯楽(インターネット)	趣味・娯楽	16
趣味娯楽(それ以外)		
テレビ	テレビ・ラジオ・新聞・雑誌	17
ラジオ		
新聞		
雑誌・漫画・本		
CD・MD・テープ		
ビデオ	休養・くつろぎ	18
休息		
その他・不明	その他	19

4. 結果

(1) 活動スケジュールの推計精度(1)(NHK調査の周辺分布の再現)

生成した活動スケジュールの結果がシミュレーションの基礎データである NHK 調査を再現している必要があるため、その比較を行った。比較の対象は「行為者比率」，「行為者平均時間」，「行為者標準偏差」，「時刻別行為者率」である。

まず行為者比率，行為者平均時間，行為者標準偏差を個人属性 17 分類をまとめた散布図を示す。活動については PT 調査で把握した活動を除いた 18 項目を載せている。各点は個人属性×活動を表している(図 1～図 3)。

行為者比率や行為者平均時間は全体的に精度よく再現できているが、行為者標準偏差は統計値と乖離する活動が多く現れた。これは活動スケジュールの生成方法に問題があると考えられる。特に在宅時間+1 時間という制約条件によってばらつきが小さくなる傾向があるためであると考えられる。

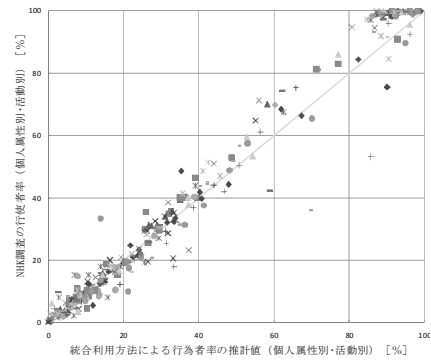


図 1 行為者率の再現性

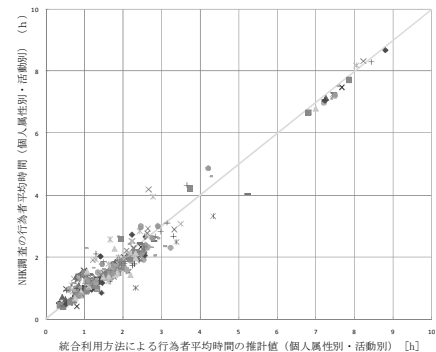


図 2 行為者平均時間の再現性

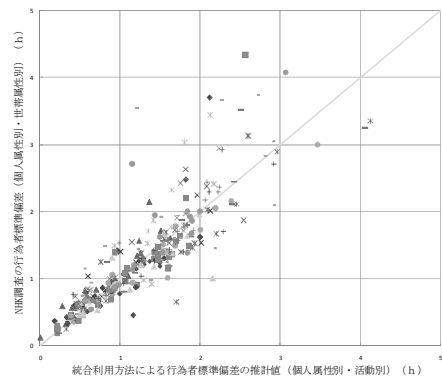


図 3 行為者標準偏差の再現性

次に時刻別行為者率は、男 30 代勤め人の必需活動(睡眠，食事，身の回りの用事)を例に図 4～6 に示す。時刻別行為者比率も概ね傾向を捉えて推計できているが、ピークが小さく推計されている。

特に食事の昼の時間帯が大きくずれているが、これは PT 調査では勤め人の場合、昼食時のトリップ等に関して把握することができていないため、昼食時も仕事を行っていることになってしまっているためだと考える(仕事の時刻別行為者率は昼食時に過大推計になっている)。

(2) 活動スケジュールの推計精度(2)(社会生活調査の「家族と一緒にいた人率」の再現)

部屋の使用状況を把握するため社会生活基本調査の同時在室比率に合うように部屋使用確率を決定した。その結果として図 7 に同時在室比率について示す。

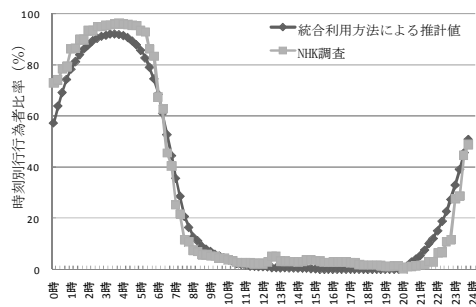


図4 時刻別行為者率の再現性 (30代男勤め人・睡眠)

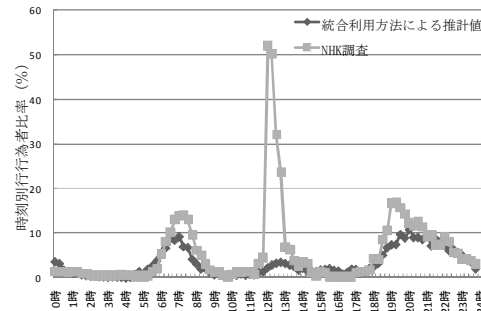


図5 時刻別行為者率の再現性 (30代男勤め人・食事)

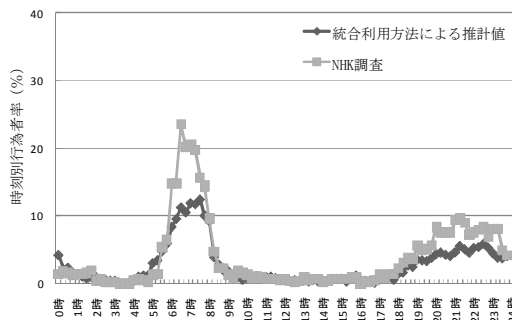


図6 時刻別行為者率の再現性 (30代男勤め人・身の回りの用事)

全体的に推計値の方が低くなっている。これは社会生活基本調査の同時在室比率の定義上、外出中に一緒にいた場合も対象になっているが、本研究では在宅中の同時在室比率しか扱っていないため、本研究のほうが低く推計される結果となったと考えられる。個人類型別にみると、主婦以外の個人類型は精度よく再現できている。主婦に関しては昼間の時間帯の誤差が大きく、今回の方法では対象としていない外出時に、小学生以下の子供と一緒にいたことを再現できていないと考えられる。

(3) 家庭エネルギー消費量の推計精度

図8に世帯で1日に消費される用途別のエネルギー消費量の推計結果と日本建築学会の実測調査と総合エネルギー統計との比較を示す。それぞれ全世帯平均値となっている。3用途の合計は4MJの差(実測値平均の6%)であり精度が高いと考える。時刻別の平均エネルギー消費量を図に示す。実測調査ほど時刻別の変動を再現できていないがピーク時の消費量などは概ね再現できている。

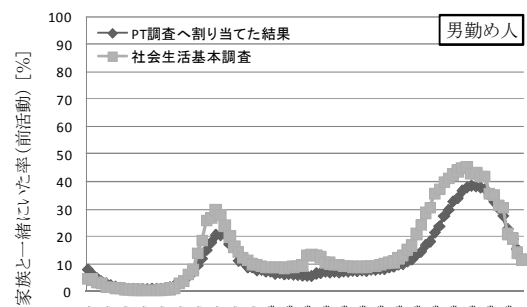


図7 同時在室比率の比較 (男勤め人)

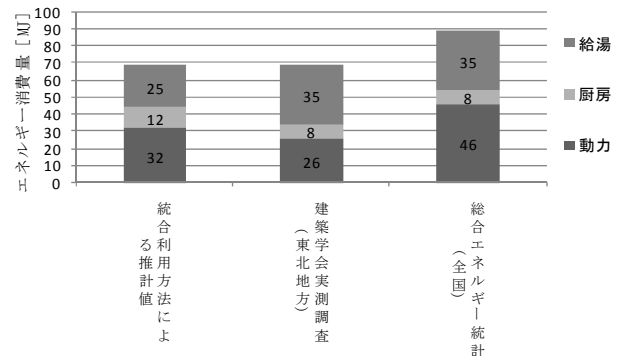


図8 家庭エネルギー消費量の推計精度



図9 時刻別の家庭エネルギー消費量の推計精度

(4) 活動の相互作用と共有時間がエネルギー消費量推計に与える影響

世帯人員間の活動の相互作用の考慮した結果、エネルギー消費量の推計値に与えた影響について述べる。行為者比率や行為者平均時間同様、同じ個人属性でも世帯類型が異なることでエネルギー消費量が大きく異なることがわかった。特に女勤め人や主婦などでは最大で10MJ以上の差があり、相互作用を考慮しなかった場合にはこの差を見ることができない。このことから個人類型だけではなく、世帯タイプの違いも捉えてエネルギー消費量を推計する必要があることがわかる。

次に本研究では世帯で一緒に食事をするかどうか確率を設定して把握した。その結果として、個人類型別に世帯で一緒に食事を行った比率と社会生活基本調査で得られる食事を一緒にする世帯の確率の比較した(図10)。

本研究で推計した食事を一緒にした比率は統計値を完全に再現することはできなかったが、同時活動をまったく考慮していない先行研究の方法による結果を随分改善することができたとわかる。社会生活基本調査の情報を組み合わせたことによる効果があったと考える。再現できなかったのは昼食を同時にするかどうかを設定できなかった点と、そもそも設定方法に課題が残っている可能性があり、今後検討すべき点だと考える。

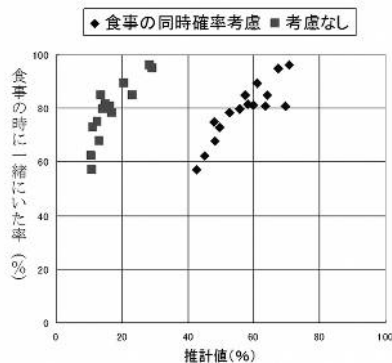


図 10 個人属性別一緒に食事をした比率の再現性

部屋の使用状況を把握した結果の共有時間について示す。共有時間を考慮することでエネルギー消費量のダブルカウントを防ぐことができる。共有時間として対象としたエネルギーは同じ部屋で同じ活動をしている場合の炊事とテレビで消費されるエネルギーと活動に関わらず同じ部屋にいた場合、照明で消費するエネルギーである。共有時間は人数が増えればダブルカウントになりやすくなるため、世帯人数によって長くなっていた。

平均共有時間が最も長い類型で夫婦と子供と親の世帯であり 755 分となった。全体では炊事で 7 分、テレビで 104 分、照明が 382 分で、合計として 493 分となっていた。世帯人数が増加することで共有時間分のエネルギー消費量は増加し、最大で夫婦と子供と親の世帯で 8MJ の影響がある。またそれは世帯の平均エネルギー消費量の 10% 程度の影響があり、無視できない影響だと考える。

次に相互作用、共有時間を考慮した結果と考慮しなかった場合の世帯類型別平均エネルギー消費量を示す。

図 11 より相互作用と共有時間両方を考慮した結果、世帯人数が増えるにつれ相互作用と共有時間を考慮しなかった結果との差が大きくなっていることがわかる。これは共有時間の影響と同じ傾向であることから、全体としては相互作用より共有時間の影響が大きいことがわかる。また図より全体の結果としては相互作用と共有時間を考慮することで、相互作用と共有時間を考慮しなかった場合の平均エネルギー消費量を 6% 小さく推計する結果となった。用途別に見ると、給湯で 0.5%、厨房で 16.2%、動力で 1.7% と特に厨房用途での影響が大きかったことがわかる。

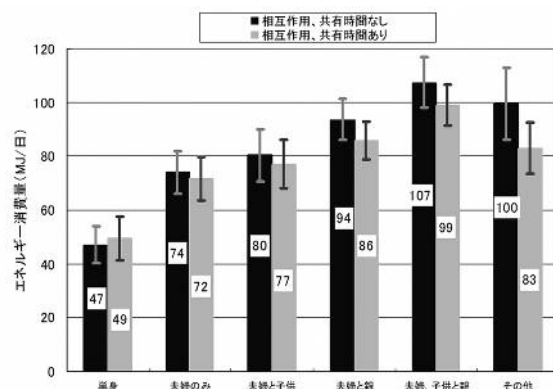


図11 相互作用と共有時間の考慮によるエネルギー消費量推計の差

5. 結論

本研究では世帯の家庭エネルギー消費量と交通エネルギー消費量を活動を考慮して同時に推計する方法を検討した。具体的には、交通エネルギー消費量推計に多く用いられてきた PT 調査に家庭エネルギー消費量推計に用いられてきた NHK 調査と社会生活基本調査を組み合わせる、という方法である。そして、それを用いて推計した家庭エネルギー消費量を日本建築学会の実測調査と比較し、その妥当性を示した。交通エネルギー消費量推計に用いられてきた PT 調査の情報はそのまま利用できるため、この方法によって家庭エネルギー消費量と交通エネルギー消費量が活動を考慮して同時に推計することが可能になった。

また、世帯人員間の活動の相互作用を考慮した影響としては最大で 10MJ 程度、共有時間の影響は最大で 9MJ、エネルギー消費量に影響していることを示し、そして合計としては全体の 6% 程度の影響があり、従来の方法では家庭エネルギー消費量を過大に推計してしまうことを明らかにした。つまり交通エネルギー消費量の同時推計が可能になったことに加え、家庭エネルギー消費量のための推計精度に関しても上げることができたことを示した。

6. 今後の課題

本研究では住宅属性があらかじめ把握できる付帯調査のある第4回の仙台都市圏PT調査を用いているが、ほかの都市圏のPT調査では必ずしも入手できない。

そのためPT調査で住宅属性が把握できるよう住宅関連の統計調査と組み合わせることが課題である。これが出来れば本研究の方法の汎用性が高まると考えている。

参考文献

- 1) Statistical Matching Theory and Practice, Marcello D'Orazio, Marco Di Zio, Mauro Scanu, Wiley, 2006
- 2) 中井秀信, 森本章倫: コンパクトシティ政策が民生・交通部門のエネルギー消費量に与える影響に関する研究, 土木学会論文集 D, Vol.64, No.1, 1-10, 2008
- 3) 下田吉之, 山口幸男, 岡村明, 谷口綾子, 山口容平; 家庭用エネルギーエンドユースモデルを用いた我が国民生家庭部門の温室効果ガス削減ポテンシャル予測, 電子ジャーナル「エネルギー・資源学会論文誌」, Vol. 30, No. 3, pp1-9, 2009
- 4) 坂本将吾, 跡部拓巳, 谷下雅義; 世帯の家庭部門・旅客部門エネルギー消費量の相互作用の分析, 第27回エネルギー資源学会研究発表会講演論文集, pp149-152, 2008
- 5) 坂本将吾, 跡部拓巳, 谷下雅義, 鹿島茂; パーソントリップ調査と国民生活時間調査を組み合わせた世帯の活動スケジュール推定, 第 25 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, pp189-192, 2009
- 6) 跡部拓巳, 谷下雅義, 坂本将吾; 高齢者の行動を考慮した世帯におけるエネルギー消費量の推計, 第 27 回エネルギー資源学会研究発表会講演論文集, pp145-148, 2008
- 7) 坂本将吾; 世帯の活動を考慮した都市圏エネルギー需要モデルの構築, 日本交通政策研究会, 日交研シリーズA-471, 2009

ESTIMATION OF HOUSEHOLD'S RESIDENTIAL AND TRANSPORTATION ENERGY CONSUMPTION COMBINING WITH MULTIPLE STATISTICS

Shogo SAKAMOTO, Shigeru KASHIMA and Masayoshi TANISHITA

This Household energy demands are diversified into various kinds by variation of household activity schedules. In this study, we compared the accuracy of estimation energy consumption among several household activity schedules generation methods which using for estimation of house sector energy consumption. These methods are only using NHK's time use survey and using multiple statistics by data fusion. In later method, NHK's time use survey and person trip survey and social time use survey are used. Interactions among household members and joint time in room are considered in this method. In the result, household activity schedules generation method using multiple statistics by data fusion is more accurate than the method only using NHK's time use survey.