

消費支出構造を考慮した家庭ごみ発生量 推計モデルの開発

藤原 健史¹・松岡 譲²・金森有子³

¹正会員 岡山大学大学院教授 環境学研究科資源循環学専攻 (〒700-8530 岡山市津島中三丁目1-1)

E-mail:takeshi@cc.okayama-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院教授 工学研究科都市環境工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail:matsuoka@env.kyoto-u.ac.jp

³正会員 独) 国立環境研究所研究員 社会環境システム研究領域 (〒305-8506 つくば市小野川16-2)

E-mail:kanamori@nies.go.jp

本研究では、地方自治体が廃棄物処理基本計画の策定等に利用できる廃棄物発生量推計モデルを提案し、検証することを目的とした。消費構造を理解しやすい構造型モデルで表すことにし、最終消費支出額から大分類費目への分配には消費者選好をベースとする LES モデルを、大分類費目から中分類費目への分配には消費者選択を統計的に扱う多項ロジットモデルを、中分類費目から小分類費目へは定率分配を用い、最後にごみ重量に変換する。京都市の家計調査データおよび厨芥ごみ排出量データを用いて提案したモデルの適合について評価した結果、良好なフィッティングが得られた。

Key Words : waste generation, waste estimation model, household expenditure, LES model, local government

1. はじめに

近年、わが国は大量生産・大量消費・大量廃棄型社会に終わりを告げ、新たな循環型社会を形成するために、清掃法の改定や各種リサイクル法の整備を行い、3R 政策の浸透を図ってきた。その中で、政府は国民に対して、排出者としての自覚とライフスタイルの見直しを求めることによって、発生抑制を推進する姿勢を示している¹⁾。これは、国民の意識改革を通して、消費の抑制行動や廃棄物の資源化行動を引き出す狙いがあるが、その意識改革によってどれぐらいの減量化効果があるかを見積もっておくことは重要であり、さらに、その効果を評価する前に、今後の社会と経済のあり方によって廃棄物発生量がどのように変化するかについて、把握しておくことは重要である。日本経済が高度成長期から低成長期に移り、人口が増加から減少に転じ、高齢者の割合が増えるといった社会経済条件の変化は、家計収入に直接的に影響を与えるほか、家計の消費性向を変えんと考えられる。

これまでに、われわれは消費による家庭への財のインプットと、固有滞留時間を経た後の財の廃棄物への変換によって、家庭ごみ発生量の発生量を推計するというアプローチにより、日本における廃棄物排出量の推計計算を行った^{2,3)}。また、金森らは廃棄物にとどまらず環境

負荷一般の推計を得るための勘定表の開発へと発展させた⁴⁾。

本研究では、実際に廃棄物管理行政を行う地方自治体が廃棄物処理基本計画の策定等に利用できる廃棄物発生量推計モデルを提案し、検証することを目的とした。このモデルは家計消費推計モデルと廃棄物変換モデルの結合モデルであることは 2), 3) の研究と変わらないが、家計消費推計モデルでは家計消費統計の費目分類に合わせた 3 段階の推計サブモデル構造とし、モデル変数に家計属性である世帯員数や就労者数、世帯主年齢などを選んだ。廃棄物変換モデルについては、厨芥をとりあげて食品ロスを考慮して得た発生量のモデル推計値と排出量統計値を比較し、廃棄物発生量を家計消費から推計することの確からしさを検証した。具体的な地方自治体として京都市をとりあげた。

2. 家庭ごみ推計に関する既存研究

一般に、世帯の家計収入は世帯就労者数に依存し、消費の内訳は世帯員数と世帯構成員の年齢に影響を受ける。例えば、大家族の一人当たり住居費や家具・家事用品費は、家庭内で家具類が世帯人員に共用されるために、

小家族のそれよりも低い費用となる。世帯構成員の年齢によって必要な財が異なり、高齢者世帯ほど医療費が高いのはその例である。主婦は食事・家事サービスを自給してきたが、近年は夫婦共働により家計収入が増え、その一方で家事の代替として外食などの外部サービスを購入する機会が増えている。このように世帯属性は消費の内訳を決める重要なファクタとなる。

自治体で使われてきた家庭ごみ発生量の予測式を見ると、人口とエンゲル係数を説明変数とする重回帰式（横浜市，1988），プラスチック，紙類，厨芥類，金属・ガラス類，その他ごとの発生量を，過去の実績と全国生産量，人口，市場取扱高等をもとにして予測する方法（仙台市，1988），各種生産統計から産出した廃棄物ストックを伸び率 5%として予測し，過去の廃棄物ストック量と組成別発生量の関係を用いて組成別発生量を予測する方法（東京都，1976），常住人口や飲食店数，実質家計最終消費支出を利用して予測する方法（東京都，1981），時系列（2 次式）と社会要因（実質国民総生産，居住人口）による回帰式（大阪市，1989）などがある。これらは処理計画のための予測モデルとして考案されている。

研究では，呉ら²⁾や松藤ら³⁾が発生量原単位を用いた方法を示したが，原単位を用いる推計方法は将来の消費を長期的に予測できないという弱点がある。施設計画のための予測ならば，施設寿命を超える 20 年程度の推計は必要である。

小泉ら⁷⁾は数量化理論を用いて世帯のごみ発生要因を調べ，排出原単位が「世帯人数」，「男女構成」，「職業」の 3 要因で表せることを示し，また，小泉ら⁸⁾は，単独世帯と複数世帯の家庭ごみ発生量の違いについて触れ，廃棄物原単位と世帯属性の線形関係を見出している。

消費と家庭ごみ量を関連付ける研究では，大森・寺島が平成 4 年の家計調査年報を用いて 133 の消費費目について消費額と「年間収入」，「世帯人数」，「世帯主年齢」の世帯属性との関係をモデル化し，平成 3 年のデータでモデルの妥当性を検証した⁹⁾。藤原，松岡，金森らは²³⁾はベッカーの消費選好モデルを用いて個々の消費費目ごとに消費額を求め，それを廃棄物量へと変換した。小分類費目ごとの消費量からごみの発生量を推計する方法を，耐久消費財，非耐久消費財，そして容器包装材のそれぞれについて示している。高瀬ら¹⁰⁾は「財の特性」を効用関数の変数とした「新しい消費者モデル」

（あるいは「家計生産モデル」）を用い，廃棄物産業連関表と組み合わせることで家計消費による CO₂ 排出量や埋立処分消費量を計算した。なお，文献 11) に家計消費選好モデルの説明がある。

3. 研究の方法

本研究の目的は，廃棄物の発生量が家計の消費によって決まることを考慮して，家計最終消費支出額から廃棄物発生量を推計するモデルを構築することである。モデルをシンプルかつ本質的なものとするために，本研究では，「一般的に家計は大枠の支出費目を決めて予算を分配し，その支出費目の予算範囲内でより具体的な消費費目を決める行動をとる」と仮定した。そして，家計最終消費支出額から具体的な消費財の支出額を求めるモデルを，次の 3 階層のサブモデル構造で考え，最後に支出額を量に変換するとした。

- ①家計消費支出額から家計消費統計にある大分類費目ごとの消費支出額を求める。
- ②求めた各大分類費目の消費支出額から，その中分類費目ごとの消費支出額および消費量を求める。
- ③求めた各中分類費目の消費支出額から，その小分類費目（具体的な消費財の分類費目）ごとの消費支出額および消費量を求める。
- ④求めた消費財費目ごとの消費量から，廃棄物種類ごとの発生量を求める。

なお，モデルの説明変数には世帯属性等を用いる。

ここで，①，②，③は上位の費目カテゴリーの支出額から下位の費目カテゴリーの支出額を求めるサブモデルであり，それらを結合することによって，具体的な消費財の消費量を推計する。④については，消費財をその材質に応じて厨芥類，紙類，プラスチック類などの廃棄物種類に分配して，それぞれの量の総和を求める。ただし，容器包装材については消費財に付随する廃棄物として別途計算する必要がある。

消費財の消費量を階層的に求める理由は，家計消費支出額から個々の消費財量を回帰モデルを用いて直接的に求めるよりも，大分類，中分類カテゴリーごとの支出額の合計を，家計消費統計に示された支出額に合わせながら，段階的に個々の消費財の支出額を求めてゆく方が推計精度が高いと考えたからである。

また，対象地域において家計消費調査が大分類費目までしか行われない場合，その費目（食料，被服，教育など）の消費支出額から廃棄物量を求める回帰モデルを作れば，家計最終消費支出額から直接廃棄物量を推計するよりも精度が良くなると考えられる。実際，発展途上国の都市では，大分類カテゴリーまでしか家計消費調査が報告されていないことが多く，そのような場合に本方法の適用が有効である。

以上述べたように階層型モデルにはモデリングがしやすいというメリットがある。しかし反面，上位階層で分岐した費目間に存在する関連性を表現できないというデ

メリットがある。例えば、食料費を外食に多く充てた場合、調理のための電気・ガス料金は減じられるはずであるが、食料費と光熱・水道費は大分類費目で分かれているため、それら中分類費目間の関係はモデルには現れない。この問題は推計しようとする対象費目に依存する。本研究で取り上げた京都市の場合、食料費は光熱・水道費の2～3倍程度あり、外食を多くした場合、食料費と光熱・水道費にはさらに大きな開きが生じることになる。言い換えると、食料費の変化に対して光熱・水道費の変化は小さいことになり、食料費から厨芥ごみを推計する場合には、上記の問題は小さいと考えられる。本研究では、食料費からの厨芥ごみを推計する部分についてモデルを評価しており、それ以外の廃棄物については今後の課題としたい。

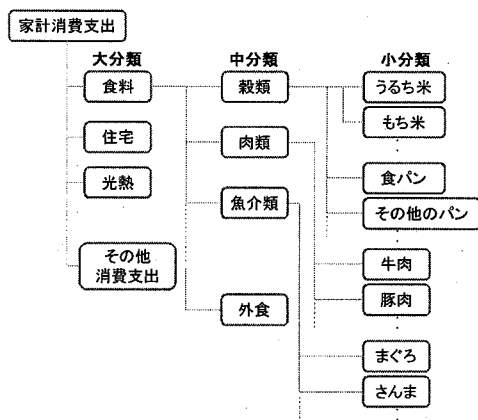


図-1 本研究で用いた3段階分類費目階層

表-1 大分類費目、中分類費目の例

食料	穀類	被服及び被服物	和服
	魚介類		洋服
	肉類		シャツ・セーター類
	乳卵類		下着類
	野菜・海藻		生地・糸類
	果物		他の被服
	油脂・調味料		履物類
	菓子類		被服関連サービス
	調理食品		医薬品・健康保持用機取品
	飲料		保健医療用品・器具
住居	酒類	保健医療	保健医療サービス
	外食		交通
	家賃地代		自動車等関係費
光熱・水道	設備修繕・維持	交通・通信	通信
	電気代		授業料等
	ガス代		教科書・学習参考教材
家具・家事用品	他の光熱	教育	補習教育
	上下水道料		教養娯楽用耐久財
	家庭用耐久財		教養娯楽用品
	室内装飾・装飾品		書籍・他の印刷物
	寝具類		教養娯楽サービス
	家事雑貨		諸雑費
	家事用消耗品		こつぱい(使途不明)
	家事サービス		交際費
			仕送り金

さて、わが国の家計調査年報は、3～4段階で費目が整理されており、第3、第4段階を1つの段階に調整して、大分類、中分類、小分類に整理しなおした例を図-1に示す。また、最も粗い分類の大分類費目とそれを詳細化した中分類費目の関係を表-1に示す。本研究では、大分類費目の推計モデルに線形支出体系（LES Linear Expenditure System）モデルを用いた。これは、ヒトが生活を営む上で最小限必要な支出額、例えば、生きるために最小限必要な食料費などを明示的に表すモデルである。1970年ごろから現在までの費目別の最小支出額のトレンドを明らかにすることで、将来の消費支出のシナリオを描くことができると考えた。なお、本研究では物価指数を用い最小必要額を求めた。このLESモデルの日本の消費支出への適用例や他のモデルとの比較については牧により詳しく紹介されている¹²⁾。

次に、中分類費目の推計モデルには多項ロジットモデルを用いた。これは、大分類費目の中での支出の分配は、時代における消費者の嗜好によるところが大きく、その支出額を世帯属性等と結び付けるためにフレキシビリティのある非線形モデルが適していると考えたためである。

最後の小分類費目への支出額の分配に関する部分については、定係数モデルとした。これは、廃棄物量を推計するという目的を考えた場合、小分類費目の種類の違い（例えば、肉類の「牛肉」と「豚肉」の違い）は、調理残渣や食品ロスの計算において重要とはならないからである。

次節で各サブモデルの式について説明する。

(1) 大分類費目への分配

まず、推計する項目ごとの消費支出額はすべて、世帯当たり1ヶ月家計消費支出総額を一人当たり家計消費支出に変換した値とした。

家計最終消費支出額を大分類項目へ分配のための消費者選好モデルに、式(1)に示すストーン＝ギアリーの選好関数を用いた。

$$u = \sum_{i=1}^I \alpha_i \log(q_i - a_i) \quad (1)$$

$$y = \sum_{i=1}^I p_i q_i \quad (2)$$

$$a_i = b_{i0} + \sum_m^M b_{im} x_m \quad (3)$$

$$\sum_i^I \alpha_i = 1 \quad (4)$$

u : 効用関数, y : 民間最終消費支出額 (円), q_i : 大分類第 i 費目の消費量 (数量), p_i : 大分類費目価格 (円/数量), α_i : 選好パラメータ, a_i : 最小必要量 (数量), b_m : 最小必要量のパラメータ, x_m : 最小必要量の第 m 説明変数, I, M : 大分類費目の数, 説明変数の数

式(2)は家計消費支出額を上限とする支出制約式である。式(1)の最小必要量とは、人が生活を営む上で最低限必要な消費量を表し、本研究では式(3)に示すように、最小必要量 a_i を世帯員数, 世帯就労者数, 世帯主年齢, そして累積支出を説明変数として表す。この累積支出とは、対象費目の支出の累積和を示す。式(4)は選好強度を表すパラメータ α の総和を 1 とする制約式である。

この効用関数の最大化問題を解くと、式(5)のパラメータ α_i, b_{i0}, b_{im} に関する連立式が得られる。

$$\begin{aligned} p_i q_i &= a_i p_i + \alpha_i \left(y - \sum_{s=1}^I a_s p_s \right) \\ &= \left(b_{i0} + \sum_{m=1}^M b_{im} x_m \right) p_i + \alpha_i \left\{ y - \sum_{s=1}^I \left(b_{s0} + \sum_{m=1}^M b_{sm} x_m \right) p_s \right\} \quad (5) \\ (i &= 1, 2, \dots, I) \end{aligned}$$

説明変数を定め、対象期間 N 年分についての最終消費支出額と大分類費目支出額, そして説明変数の値を用いて、これらのパラメータを非線形 3 段階最小自乗法を用いて求める。求める i 費目の消費支出 c_i , 物価指数 ϕ_i , 基準年の物価 p_{i0} の関係は式(6), (7)であり、式(8)のパラメータ $\alpha_i, b_{i0}', b_{im}'$ を解く。ここで、 n_0 は対象期間の初年, n は対象年を表す。

$$c_i = p_i q_i \quad (6)$$

$$p_i = p_{i0} \phi_i \quad (7)$$

$$\begin{aligned} c_i^{(n)} &= \left(p_{i0} b_{i0} + \sum_{m=1}^M p_{i0} b_{im} x_m^{(n)} \right) \phi_i^{(n)} \\ &\quad + \alpha_i \left\{ y^{(n)} - \sum_{s=1}^I \left(p_{s0} b_{s0} + \sum_{m=1}^M p_{s0} b_{sm} x_m^{(n)} \right) \phi_s^{(n)} \right\} \\ &= \left(b_{i0}' + \sum_{m=1}^M b_{im}' x_m^{(n)} \right) \phi_i^{(n)} \\ &\quad + \alpha_i \left\{ y^{(n)} - \sum_{s=1}^I \left(b_{s0}' + \sum_{m=1}^M b_{sm}' x_m^{(n)} \right) \phi_s^{(n)} \right\} \\ (n &= n_0, n_0 + 1, \dots, n_0 + N - 1) \quad (8) \end{aligned}$$

(2) 中分類費目への分配

大分類費目の消費支出額を、中分類の費目に分配する。ここでは、世帯の家計は大分類費目の消費支出額をより具体的中分類費目に、選好によって割り当てられると仮定する。すなわち、中分類費目の支出割合を、消費者が選好によって予算を割り当てた結果とみなし、この分配率を多項ロジットモデルで表す。第 i 大分類費目の支出額を第 j 中分類費目に分配する割合を P_{ij} とするとき P_j を式(9)で表わす。ここで T は転置を意味する。

$$P_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{h=1}^J c_{ih}} = \frac{\exp(\mathbf{w}_i^T \boldsymbol{\beta}_{ij})}{\sum_{h=1}^J \exp(\mathbf{w}_i^T \boldsymbol{\beta}_{ih})} \quad (9)$$

P_j : 第 i 大分類費目の支出額を第 j 中分類費目に分配する割合 (-)

$\boldsymbol{\beta}_{ij}$: パラメータベクトル (定数)

$\mathbf{w}_i$: P_j の説明変数ベクトル

ここで、説明変数ベクトル $\mathbf{w}_i$ を、世帯員数, 世帯就労者数, 世帯主年齢からなるベクトルとした。

中分類の第 1 費目と第 h 費目の式から次式が導かれる。

$$\ln \left(\frac{P_{ih}}{P_{i1}} \right) = \mathbf{w}_{ih}^T (\boldsymbol{\beta}_{ih} - \boldsymbol{\beta}_{i1}) \quad (h = 1, 2, \dots, J) \quad (10)$$

左辺の第 h 費目の消費額と第 1 費目の消費額の比は、2 費目のうち第 h 費目を選好する度合いを表わす。右辺の $\mathbf{w}_{ih}^T \boldsymbol{\beta}_{ih}$ と $\mathbf{w}_{ih}^T \boldsymbol{\beta}_{i1}$ はそれぞれ第 j 費目と第 1 費目の効用を表わし、その差が正で大きければ、第 j 費目に投入される支出額が大きいことを意味する。対象期間 N 年分について式(10)左辺の $\ln(P_{ih}^{(n)}/P_{i1}^{(n)})$ と右辺の $\mathbf{w}_{ih}^{(n)}$ ベクトルを列挙し、最小二乗法を用いることでベクトル $(\boldsymbol{\beta}_{ih} - \boldsymbol{\beta}_{i1})$ の推計ベクトル $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ih1}$ を得る。この $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{ih1}$ を用いると、 $P_j^{(n)}$ は式(11)で表せる。

$$\begin{aligned} P_{ij}^{(n)} &= \exp(\mathbf{w}_{ij}^{(n)T} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{ij1}) / \left\{ \sum_{h=2}^J \exp(\mathbf{w}_{ih}^{(n)T} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{ih1}) + 1 \right\} \\ (n &= n_0, n_0 + 1, \dots, n_0 + N - 1) \quad (11) \end{aligned}$$

(3) 小分類費目への分配

中分類費目から小分類費目への消費支出の分配は、いずれ廃棄物となる耐久消費財及び非耐久消費財の分類

費目だけを考える。具体的な財のレベルまで細分化されるこの段階では、家計調査の標本数が小さい場合、個人の嗜好に引っ張られ過ぎて統計的なパラメータ同定が無意味となる可能性がある。そこで、中分類費目から小分類費目への分配は、実際の小分類費目支出額の割合とする。嗜好の変化によって選択が変わることもあるが、幸い、選択が変わってもごみ発生量に大きく影響しない。例えば、食料費目中の「穀類」について、「米」を「麦」に変えてもごみ発生量が大きく変わらない。同様に「肉類」、「魚類」、「野菜類」についても、その費目の範囲で材料が変わってもごみの発生量は大きくはかわらないと考える。なお、食事の自給を外食に切り替える場合については、中分類の分配の段階に反映されているので問題はない。

中分類の家具・家事用品にはテレビ、冷蔵庫、エアコンなど価格の高い耐久製品が含まれる。これら世帯必需品はすでに普及率が高いため、特定の家電製品や家具製品の支出が増大するとは考えにくい。そこで、家具・家事用品の個々の財への支出分配は大きく変わらないと仮定する。

以上の仮定により、中分類費目から小分類費目への分配には、年による大きな変化はないものとし、その分配率を過去数年間の家計消費統計データから求めることにした。

n 年における小分類費目 k の中分類費目 j に占める割合を $\gamma_{jk}^{(n)}$ とすると、モデル同定期間の N 年間における平均値 γ_{jk} は、式(12)のように表せる。

$$\gamma_{jk} = \frac{1}{N} \sum_{n=n_0}^{n_0+N-1} \gamma_{jk}^{(n)} \quad (12)$$

式(8)、(11)、(12)から、 n 年における家計最終消費支出額の分類費目 (i,j,k) に対する分配額 $\theta_{i,j,k}^{(n)}$ を得る。

$$\theta_{i,j,k}^{(n)} = c_i^{(n)} \cdot P_{ij}^{(n)} \cdot \gamma_{jk} \quad (13)$$

(4) 廃棄物量への変換

基準年(平成 12 年)の消費者物価および各年の物価指数をもとにして、当該年の分類費目 (i,j,k) の数量を求める。さらに、その財が廃棄物に変わるときの数量変化の割合を $\lambda_{i,j,k}$ とすると、廃棄物量(数量)は(14)式で表わされる。なお、容積単位で表された廃棄物量(数量)は必要に応じて、物質の密度をもとに重量単位に変える。

$$W_{i,j,k}^{(n)} = \lambda_{i,j,k} \frac{\theta_{i,j,k}^{(n)}}{P_{i,j,k}^{(n)}} = \lambda_{i,j,k} \frac{\theta_{i,j,k}^{(n)}}{P_{i,j,k,0} \phi_{i,j,k}^{(n)}} \quad (14)$$

$P_{i,j,k}^{(n)}$: n 年の分類費目 (i,j,k) の価格(円/数量), $P_{i,j,k,0}$: 基準年の分類費目 (i,j,k) の価格(円/数量), $\phi_{i,j,k}^{(n)}$: n 年の分類費目 (i,j,k) の物価指数(-), λ : 財が廃棄物に変わるときの変換係数(-)

実際に家庭からの廃棄物の発生量を推計するときには、財の滞留時間を考慮する必要がある。また、廃棄物の排出量を推計するときには、再利用やリサイクルによる減量分を考慮しなければならない。

本研究ではモデル検証のために、推計した廃棄物量と廃棄物排出量の統計値を比較した。最も信頼できる比較を行うため、家庭内での滞留時間が短く、再利用やリサイクルのない厨芥類をとりあげた。

4. 計算結果と考察

(1) 推計に用いた時系列データ

図-2 に総務省統計局より得た京都市における 1971 年から 2004 年までの大分類費目別一人 1 ヶ月あたり消費支出額を示す。食料費が最も多く、次にその他支出額の順となる。その他支出額には、交際費、こずかい、仕送りなど、家庭への物質投入を伴わない費目が多く含まれる。両費用とも 2000 年以降に減少している。教育娯楽費と交通通信費は他の支出費目に比べ 35 年間の伸び率が高い。家庭ごみ発生量の観点からは、食料費支出額の減少がごみ減量に影響していると考えられる。他に被服・履物費、家具・家事用品費(日用雑貨を含む)、教育費(文房具を含む)、教養娯楽費(教育娯楽用耐久消費財を含む)などがごみ発生に関係するが、支出額では大きな変化は見られない。

次に、1970 年から 2005 年までの京都市の世帯属性の経年変化を図-3 に示す。1970 年に 4.06 人だった平均世帯人員は緩やかに減少し、2005 年の時点で 3.13 人まで減少しており、世帯分化が現在も進んでいると考えられる。世帯当たり平均就業者数は 1995 年ごろまで約 1.6 人で一定を保っていたが、その後 2005 年の 1.1 人まで減少している。また、世帯主年齢は 1970 年に 47~48 歳であったが、伸び続けて 2005 年には 56 歳に達している。なお、京都市の家計調査は調査数が 95~118 世帯であり、サンプルの選び方によるばらつきが含まれると考えられる。

(2) モデルの検証

LES モデルを大分類費目に適用した結果を表-2 に示す。パラメータ α_i の標準偏差は小さく、また t 値も 2 を超えて良好な結果となった。

また、大分類費目ごとの世帯属性値に関するパラメータ b_j について推計値と t 値を表-3 に示す。モデルの変数選択は、表-3 に示す 4 つの変数すべてを用いてパラメータ同定を行い、 t 値が小さい項を 1 つずつ消去して再度パラメータ同定を繰り返す方法をとった。35 年間でゆっくり上昇した費目については累積支出の項が効いていた。

次に、同定によって得られた LES モデルによる推計値と、同定に用いた統計値との比較を行った。図-4 に食費費についての比較を示す。食料費については比較的よく一致している。廃棄物の統計に含まれる誤差を考えれば、ここで推計した食料費の精度は食品系家庭ごみを推計するに十分な精度であると考えられる。

表-2 パラメータ α_i の推定結果

大分類費目 i	推計値	標準偏差	t 値
食料費	0.16	0.02	7.56
居住費	0.03	0.01	2.50
光熱・水道費	0.03	0.01	5.93
家具・家事用品費	0.05	0.01	4.09
被服・履物費	0.11	0.01	7.61
保健・医療費	0.02	0.01	3.70
交通・通信費	0.11	0.03	4.21
教育費	0.07	0.02	3.96
教養・娯楽費	0.13	0.02	6.88
その他消費支出	0.29	0.03	9.92

表-3 世帯属性に関するパラメータの推計結果

大分類費目 i	定数	世帯属性 j			
		世帯人員	就労者数	世帯主年齢	累積支出
食料費	7984 (-2.50)	1181 (-2.07)		-100 (2.13)	
居住費	2555 (-1.97)		475 (-2.01)	-54.8 (2.13)	0.006542 (-3.35)
光熱・水道費	3181 (-4.34)	-248 (2.67)	-35.9 (2.45)	0.00765 (-7.97)	
家具・家事用品費	-4075 (2.35)	1427 (-3.60)	-441 (1.82)	0.00786 (-2.6)	
被服・履物費		1226 (-5.66)		-70.8 (3.9)	
保健・医療費	2350 (-2.13)			-37.7 (1.61)	0.0120 (-4.59)
交通・通信費		1310 (-2.53)		-83.4 (2.08)	0.0168 (-5.72)
教育費		452 (-3.34)		-29.5 (2.40)	0.00348 (-2.11)
教養・娯楽費		1649 (-3.45)		-107 (2.58)	0.00827 (-4.73)
その他消費支出		3768 (-5.04)		-234 (3.64)	0.00687 (3.64)

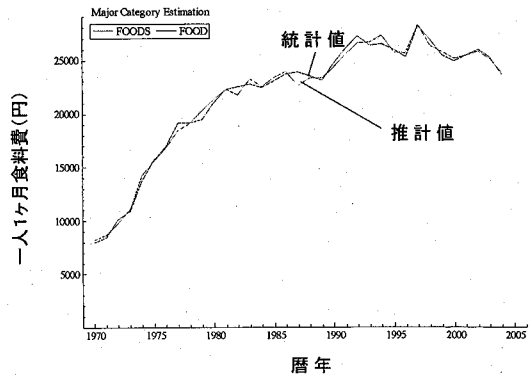


図-4 食料費における統計値と推計値の比較

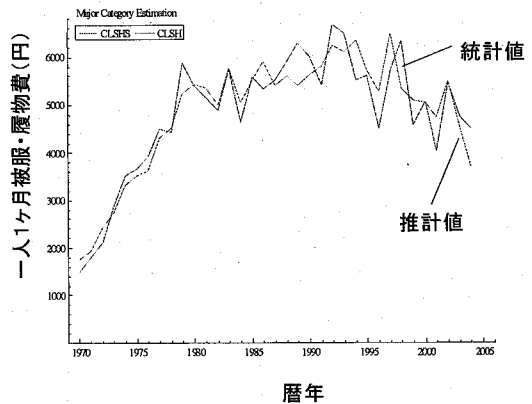


図-5 被服・履物費における統計値と推計値の比較

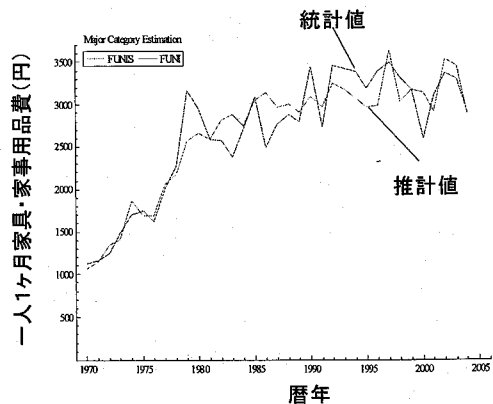


図-6 家具・家事用品費における統計値と推計値の比較

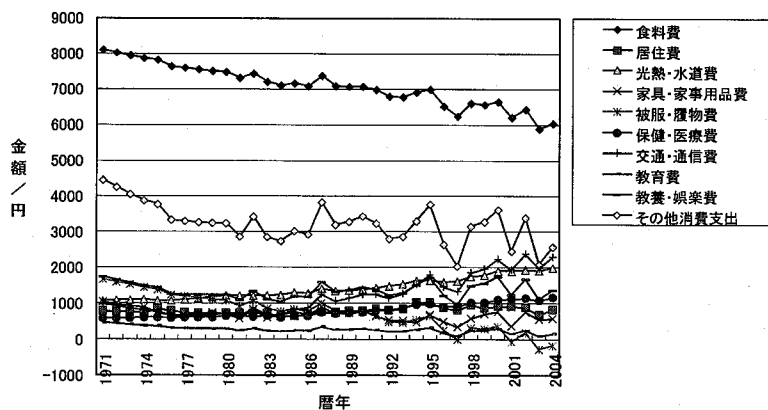


図-7 大分類費目別最小必要額の推計値

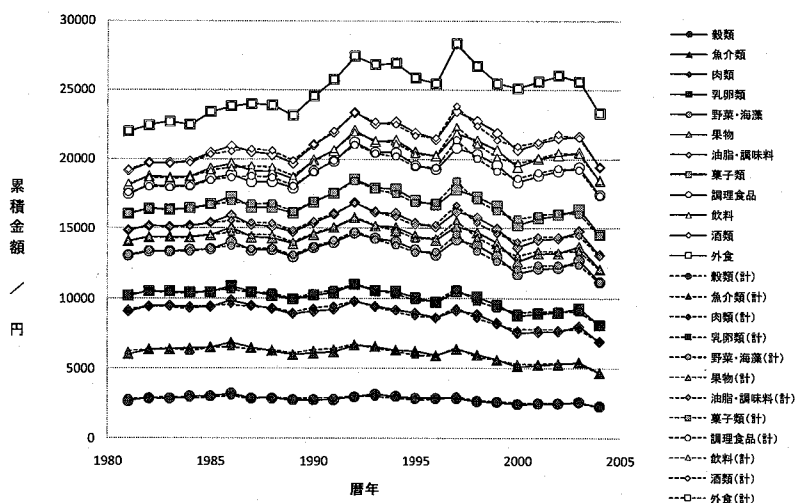


図-8 食料費に占める中分類費目支出額内訳
(計) は計算値を表す

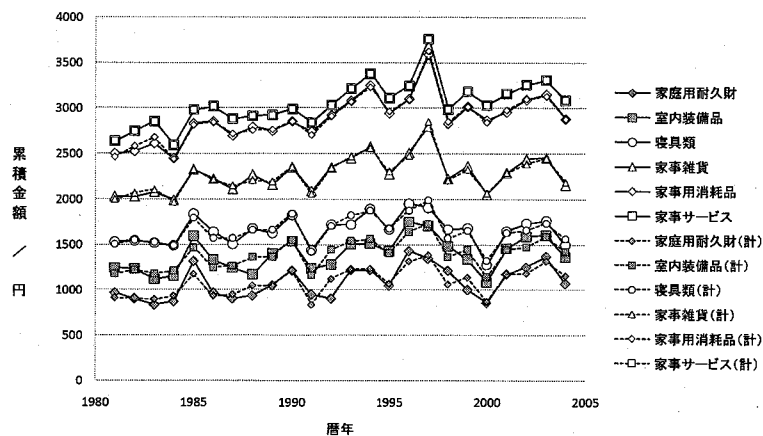


図-9 家具・家事用品に占める中分類費目支出額内訳
(計) は計算値を表す

図-5 の被服・履物費と、図-6 の家具・家事用品費については、1970 年から 1977 年までの家計収入が増大し支出も増大した時期においてモデルはよく一致しているが、1980 年以降については傾向はとらえているものの偏差が大きくなっている。1980 年以降は、統計値が大きく変動しているようであり、サンプル数の問題も含まれていると考えられる。さらに推計精度を上げるために、地域における各年の購買傾向などを変数に盛り込むことが考えられるが、ここではトレンド予測のモデルとして利用可能であると判断した。

廃棄物の発生と直接関係のない変数においても、モデルは経年の傾向を良く捉えていることがわかった。

(3) 大分類費目別の最小必要額の経時変化

図-7 に大分類費目ごとの最小必要量に対する最小必要額の経時変化を示す。最小必要量に価格を掛けた最小必要額は(5)式における pa を意味し、消費の選好に左右されない額である。図を見ると、食料費の最小必要額はほぼ一定に減少する傾向にあることがわかる。他の費用は 1985 年ごろまで減少し続けて横ばいになり、1995 年ごろから交通・通信費、光熱・水道費は上昇傾向に、被服、教育は減少傾向に転じている。被服・履物については 2001 年以降に負の値の部分が見られるが、これは 1995 年ごろから衣服・履物の消費が変動しながら落ち込んでいる部分の影響であり(図-5)、1995 年前後でそれらの消費選好の傾向がそれ以前と比べて大きく変化したと考えられる。

(4) 中分類費目のモデル

食料費および家具・家事用品に占める各中間費目支出額の内訳を、それぞれ図-8, 9 に示す。推計値と統計値はよく一致している。

(5) 厨芥類発生量によるモデル推計値の検証

本節では、厨芥ごみについて、構築したモデルによる推計値と京都市の統計値を比較して家計消費モデルの妥当性を考察する。

耐久消費財や容器包装材は、排出までに集団回収や店頭回収で除去されるため、ごみ排出量の統計値からごみ発生量を正確に見積もることは難しい。京都市では、発生した厨芥類がそのまま行政収集されと考えられ、家庭ごみ細組成調査¹³⁾で報告される 1 日一人当りの厨芥量はそのまま発生量に置き換えられると考えた。

推計の前に、食品と厨芥の関係について説明する。図-10 は食品の利用区分を示す。

食用以外 (飼料等) に仕向け られた量	減耗量	不可食部分 (歩留まり)	純食料供給量 (可食食料)	食品ロス (食べ残し、 食品の廃棄)
-------------------------------	-----	-----------------	------------------	--------------------------

図-10 食品の利用区分

食品原料は一般に、①実際に食べられる部分の純食料供給量、②捨てられる野菜くず、魚の骨、果物の皮などの不可食部分、そして③食用以外に仕向けられた量、④減耗量に区分される。小売店で購入する食品は、減耗量の一部と不可食部分及び純食料供給量に相当し、不可食部分と純食料部分(可食部分)中の食品ロス(食べ残されたものや使わずに棄てられるもの)が厨芥ごみとなる。農林水産省の報告¹⁴⁾では、世帯食のうち食品ロス率(純食料供給量のうちの食品ロスの割合)は全国で 4.1%、近畿で 3.7%としており、無駄に消費・廃棄する割合が小さくないことが問題となっている。

京都市の家計消費調査における食料の分類は、表-4 に示すように、196 小分類費目に分かれる。本研究では、この 196 費目について個々の不可食部分の割合を五訂増補日本食品標準成分表¹⁵⁾の廃棄率とした。この廃棄率は、通常の食習慣において廃棄される部分を食品全体あるいは購入形態に対する重量割合で表したものである。さらに、可食部分については、農林水産省の報告¹⁶⁾に示された中分類費目の食品ロス率を用いた。最後に、不可食部分と食品ロス部分を足し合わせ、推計した値と統計値との差は付着水と考えることにした。一般に中間水分は 20~40%程度、厨芥ごみの水分は 75~80%程度とされる。

表-4 家計消費調査における食料の費目構造

大分類費目	中分類費目	小分類費目数
食料	穀類	12
	魚介類	37
	肉類	9
	乳卵類	7
	野菜	46
	果物	16
	油脂・調味料	17
	菓子類	15
	調理食品	18
	飲料	11
	酒類	8

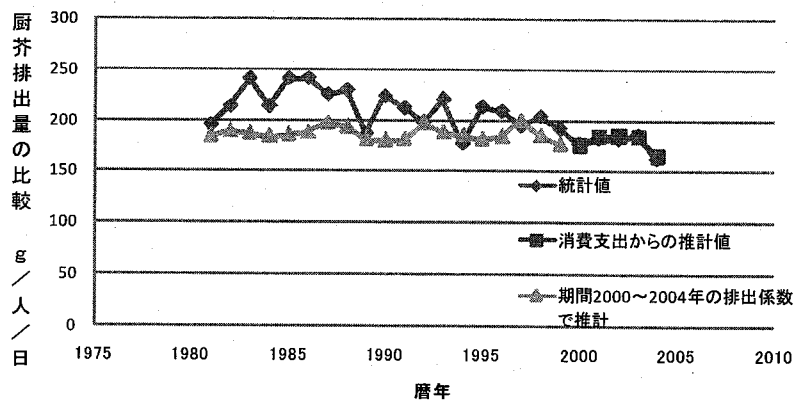


図-11 一人1日当たりの厨芥排出量の推計値と統計値の比較（京都市）

小分類費目の家計消費が報告されている京都市の2000年から2004年の期間について、以上の方法で食品ごとの廃棄物量を求め、家庭ごみ細組成調査に報告されている厨芥量と比較して、厨芥の廃棄物変換係数を1.43倍とした。さらに、同期間について家計消費推計モデルより得た小分類費目の消費量に廃棄物変換係数を掛けて、厨芥量の推計値とした。結果を図-11に示す。

2000年から2004年の期間で推計値と統計値はよい一致を示しており、家計消費推計モデルと廃棄物変換係数の統合によって消費の側から廃棄物発生量を推計できることが示された。

次に、同廃棄物変換係数を用いて1999年より過去の部分を計算したところ、統計値よりも低い値を推計した。理由として、①食料へ投入された実質消費支出額はほとんど変わらないこと、②京都市細組成調査報告書（平成15年）に述べられているように、1981年から2002年の間に厨芥の中で調理ごみが減り、変わりに食べ残しごみが大きく増えていることから、廃棄物変換係数が時間とともに変化したものと考えられる。調理ごみの発生量が多い魚類、野菜類などは昔に比べると、小売店において不可食部の多くが除去され、家庭での調理くずの発生量が減っていることもその要因と考えられる。

使用した小分類費目家計消費データが短い期間に限られたため、得られたモデルが過去の発生量を正しく表現できなかったのかという点と、補正係数である廃棄物変換係数を時変とすべきかという点については、今後さらに検討を加える必要がある。

5. さいごに

本研究では、地方自治体が廃棄物処理計画の策定等

に利用できるように、家計消費支出と家計属性を用いて廃棄物発生量を推計するモデルを提案し、検証することを目的とし、最終消費支出額から大分類費目への分配には消費者選好をベースとするLESモデルを、大分類費目から中分類費目への分配には消費者選択を統計的に扱う多項ロジットモデルを、中分類費目から小分類費目へは定率分配を用いて階層型モデルを構築した。京都市の家計調査データおよび厨芥ごみ排出量データを用いて提案したモデルの適合について評価した結果、廃棄物排出量の推計値は比較的良好な一致を示した。しかし、財の消費量から廃棄物量を推計する部分については、経時変化についても検討する必要があることが明らかとなった。

本研究では、厨芥類についてモデルを検証したが、他のごみ種類についても検証する必要がある。これについては今後報告したい。本方法は、地方自治体が報告している家計消費統計と世帯属性のデータから廃棄物発生量を推計でき、多くの自治体に適用できる可能性を持つものと考えられる。

参考文献

- 1) 環境省編、平成18年度版循環型社会白書、p177, 2006
- 2) 藤原健史、上野智史、松岡譲：家庭の消費財選好とごみ発生モデルの開発、環境システム研究論文、Vol.30, pp.19-27, 2002
- 3) 金森有子、藤原健史、松岡譲：消費財のフローとストックを考慮した家庭ごみ発生モデリング、環境システム研究論文、Vol.30, pp.333-339, 2002
- 4) 金森有子、松岡譲：ライフスタイル分析のための家計・環境勘定の構築・環境システム研究論文、Vol.33, pp.285-294, 2005

- 5) 呉 侑鍾, 松藤敏彦, 田中信壽: 家庭系ごみ収集量の変化要因分析およびごみ種別推計モデルの作成, 廃棄物学会誌, Vol.7, No.4, pp.183-192, 1996
- 6) 松藤敏彦, 田中信壽: 家庭系ごみ流れの推定に関する研究, 廃棄物学会論文誌, Vol.11, No.4, pp.214-223, 2000
- 7) 小泉明, 小田原康介, 谷川昇, 及川智: 都市ごみの排出実態と減量化意識に関する数量化分析, 廃棄物学会誌, Vol.12, No.1, pp.17-25, 2001
- 8) 小泉明, 荒井康裕, 谷川昇, 及川智: 家庭ごみに着目した世帯属性と減量化行動の総合的分析, 環境システム研究論文集, Vol.30, No.1, pp.1-7, 2002
- 9) 大森友也, 寺島泰: 家庭廃棄物の発生に係る消費財消費構造の解析, 廃棄物学会論文誌, Vol.7, No.2, pp.58-67, 1996
- 10) 高瀬浩二, 近藤康之, 鷺津明由: 廃棄物産業連関モデルによる消費行動の分析: 所得と生活時間を考慮した環境負荷の計測, *Journal of Life Cycle Assessment*, Vol.2, No.1, pp.48-55, 2006
- 11) 中村愼一郎編: 廃棄物経済学をめざして, 早稲田大学現代政治経済研究所研究叢書 16, pp.32-51, 2003
- 12) 牧厚志(1989): 消費需要の実証分析, 財団法人三菱経済研究所.
- 13) 京都市清掃局: 家庭ごみ細組成調査報告書, 平成15年など
- 14) 文部科学省科学技術・学術審議会 資源調査分科会: 五訂増補日本食品標準成分表, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802.htm
- 15) 農林水産省統計部編: 平成17年度食品ロス統計調査報告, 2005

DEVELOPMENT OF ESTIMATION MODEL FOR WASTE GENERATION CONSIDERING STRUCTURE OF HOUSEHOLD EXPENDITURE

Takeshi FUJIWARA, Yuzuru MATSUOKA and Yuko KANAMORI

An estimation model of household's waste which is available for local government to make plans of waste management was developed. The mass of household waste is estimated using household's final consumption expenditure, household's attributes, price of goods, and waste conversion rate. The model is a comprehensive multilayered model representing consumption structure. LES (Linier Expenditure System) model is applied to disaggregate the final consumption expenditure to expenditures of major consumption categories, and the multinomial logit model is applied to disaggregate the major consumption expenditure to expenditures of intermediate consumption categories, constant rate is used to disaggregate the intermediate consumption expenditure to the expenditures of small categories, and the expenditure disaggregated finally is converted to the mass of corresponding waste category. This model was applied to estimate the waste generation of Kyoto city using the census of household consumption, as a result, effectiveness of the model was proved through evaluating error in the estimation of kitchen garbage.