

家計の消費活動と発生環境負荷の係わりに関するモデルの構築

Model development on relationship between household consumption and environmental load generation

金森 有子* 松岡 譲* 藤原 健史*
Yuko Kanamori Yuzuru Matsuoka Takeshi Fujiwara

ABSTRACT: To deal with a lot of environmental problems, not only technological innovation, but also change of life style and improvement of social system are necessary. In this study, we developed a model to estimate the impact on household metabolism by the life style change. The model shows relationship between household consumption and generated environmental load under the constraint of income budget, material balance, energy balance and time budget. This model consists of two modules; “goods and service preference module” and “material and energy balance module”. Goods and service preference module is based on Becker’s household production approach. First, we estimate household expenditure with this model. Second, we estimate environmental load generation from household expenditure with material and energy balance module in which we use a function about waste rate of durable goods after consumption. We apply the module to Japan in 1990s. We estimate the amount of solid waste, bulky garbage, human waste, wastewater, BOD, SS, nitrogen, phosphorus, CO₂, NO₂ generated from household.

KEYWORDS; Goods and Service Preference Module, Material and Energy Balance Module, Lifestyle Change, Household Expenditure

1 はじめに

現在、地球上では多くの環境問題が起きている。それらの原因の一つに、資源の大量消費、商品の大量生産、大量廃棄といった社会構造と、利便性・快適性を追求する家庭のライフスタイルがあげられる。それに対して循環型社会の形成が謳われているが、それには大胆な社会構造や家庭のライフスタイルの変化と、そのような変化が環境負荷の発生に与える影響を評価する必要がある。そこで本研究では家庭のライフスタイルの変化が環境負荷の発生に与える影響を定量的に評価するモデルを作成する。

2 既往の研究

環境負荷の発生に関する研究には、例えば家庭ごみの発生量予測があげられる。家庭ごみの発生量予測は、一般に家庭ごみ発生量と相関が高いと思われる指数や指標によって回帰させる手法が多く取られてきた。笹尾³⁾は家庭系廃棄物を対象に、廃棄物排出量に影響を与える地域的（社会的）要因と政策的要因について分析した。また呉ら²⁾は自治体へのアンケートを用いて、まずごみ収集量を変化させる要因の抽出を行い、次に家庭系ごみ収集量を推定するモデルとして統計モデルによる推定と積上げモデルによる推定を行った。これに対し、高瀬⁴⁾は家庭ごみの発生源として消費を明示的にとらえた研究を行った。全国4都市、1985年度から1997年度のパネルデータを用い、消費者の効用最大化行動の結果である需要関数体系と、それを主たる変動要因とする家庭ごみ・

* 京都大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Kyoto University

し尿発生原単位回帰式の同時推定を行った。金森ら¹⁾は家計消費支出から家庭ごみ量を推計する家庭の物質収支モデルを作成した。藤原ら⁵⁾はベッカーの家計生産に関するモデルを用いた家庭の購入財選好モデルを作成し、家計消費支出の将来推計を行った。また金森ら¹⁾の家庭の物質収支モデルと組合せ、家庭ごみ量の将来推計を行った。

本研究は、金森ら¹⁾と藤原ら⁵⁾の研究を基礎として、家庭の消費行動によって発生する環境負荷の発生量を推計するモデルを作成した。

3 モデルの説明

3.1 推計の概要

本研究での推計の流れを説明したものが図-1である。推計には2つのモデルを用いた。まず、家計の消費行動を推計する財・サービス選好モデルで家計消費支出金額を推計し、その後家計消費支出金額から環境負荷発生量を推計する家庭の物質・エネルギー収支モデルを用いた。以下の節では各モデルの説明を行う。

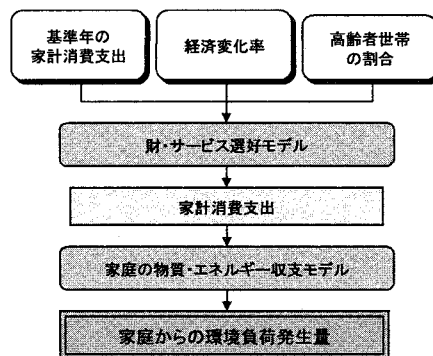


図-1 本研究の推計の流れ

3.2 財・サービス選好モデル

財・サービス選好モデルは、ベッカーの便益理論を用いて、消費者の行動を表現したものである。消費者は予算制約と時間制約の下で、財・サービスと時間の消費から便益を生産し、その便益から効用を生産するものとした。消費者は効用を最大化するように消費計画を決定すると仮定している。

(1) 家計の定式化

1) 便益の生産と制約条件

便益の生産関数を式(1)に示すようなレオンチェフ型の生産関数とした。

$$Z_i = \min \left\{ \min_j \left\{ \frac{x_{ij}}{a_{ij}} \right\}, \min_k \left\{ \frac{t_{ik}}{b_{ik}} \right\} \right\} \quad (1)$$

i : 便益の種類

j : 財・サービスの種類 ($j = 1, 2, \dots, J_i$)

k : 時間の使い方の種類 ($k = 1, 2, \dots, K_i$)

Z_i : 第 i 番目の便益

x_{ij} : Z_i の生産に投入される第 j 財・サービスの量

t_{ik} : Z_i の生産に必要なとなる第 k 種の時間量

a_{ij} : 財の投入産出係数

b_{ik} : 時間の投入産出係数

本モデルでは簡単のため $K_i = 1$ とする。また b_{ik} は一般性を大きく失うことなく 1 と仮定してよい。

便益の生産には可処分所得と時間の両面から制約を受ける。家計から財・サービスへの総支出には式(2)で表される予算制約条件が満足されなくてはならない。

$$S + \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij} = I \quad (2)$$

S : 貯蓄

I : 家計が処分可能な総貨幣所得

p_{ij} : 財 x_{ij} の価格

また一方で便益の生産に投入される時間と労働に費やされる時間との合計は、家庭構成員が所有する利用可能な総時間 T に等しくならなければならない。

$$\sum_i \sum_k t_{ik} + t_w = T \quad (3)$$

ここで t_w は家計外労働に費やされる時間である。

また、所得と労働時間の関係から式(4)が導かれる。

$$wt_w + V - K = I \quad (4)$$

w : 賃金率

V : 資本及び移転所得

K : 税などによる不可処分部分

式(2)～式(4)を整理すると式(5)が得られる。

$$S + \sum_i \pi_i Z_i = wT + V - K = F \quad (5)$$

$$\pi_i = \sum_{j=1}^J p_{ij} a_{ij} + w \sum_{k=1}^K b_{ik}$$

ここで F はベッカーが完全所得と称したものである。また π_i は Z_i を 1 単位生産するときの財価格と時間価格の合計であり、 Z_i の完全価格である。

2) 便益の選好関数

便益 Z_i の選好は、 $Z_i (i = 1, \dots, n)$ から構成される選好関数により記述されるものとする。すなわち効用指数を U とし、前節で示した制約条件(5)の下で

$$U = f(Z_1, \dots, Z_i, \dots, Z_n) \rightarrow \max \quad (6)$$

本モデルでは式(6)の $f(\cdot)$ の具体形として、コブダグラス型の選好関数である式(7)を用いた。

$$U = \prod_{i=1}^n (Z_i - \beta_i)^{\alpha_i}, \quad Z_i > \beta_i, \quad \alpha_i > 0 \quad (7)$$

ここで α_i は便益 Z_i を選好する強さを示すパラメータ（選好の強度）であり、限界効用逓減を仮定すると $\alpha_i < 1$ となる。また一般性を失うことなく $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ としておく。また β_i は、最低限必要とされる便益や習慣形式に依存するパラメータ（基準便益量）である。

式(7)の最大化を制約条件(5)の下で解く。その際、貯蓄 S は便益 Z_i に関連しており、その依存型を定めなければ求解できないが、本研究ではこの S を外生値として取扱うことにする。

$$\pi_i Z_i = \pi_i \beta_i + \alpha_i \left(F - S - \sum_{i=1}^n \pi_i \beta_i \right) \quad (8)$$

すなわち、消費に充てることができる完全所得 $F - S$ 、便益に関するパラメータ α_i 、 β_i 及び完全価格 π_i と各便益の需要量の関係が明示的に表現できたことになる。

3. 3 家庭の物質・エネルギー収支モデル

このモデルは財への家計消費支出から環境負荷発生量を推計する家庭の物質・エネルギー収支モデルの概要を図-2 に示す。

このモデルでは財・サービスを大きく非耐久消費財、耐久消費財、容器包装財、サービスに分類して扱った。ここで耐久消費財とは、購入後一年以上家庭にストックされる財で、容器包装財とは、財購入に伴う容器や包装を意味する。モデルは購入量を推計する部分と排出量を推計する部分からなる。

(1) 購入量推計

年 t における財・サービスの購入量 $X_{j,t}^h$ は式(9)で表す。

$$X_{j,t}^h = E_{j,t}^h / p_{j,t} \quad (9)$$

$E_{j,t}^h$: 年 t の財・サービス j の家計消費支出金額

$p_{j,t}$: 年 t の財・サービス j の価格

(2) 廃棄モデル

廃棄モデルでは家計が購入した財・サービスを消費し、環境負荷となる変換を表わすモデルである。購入された財・サービスのうち非耐久消費財はその年の内に環境負荷として発生するが、耐久消費財は一度家庭にストックされる。ストックされた耐久消費財が徐々に廃棄されることを考慮したモデルである。以下に環境負荷発生量を推計する式を説明する。

発生量推計で用いる物質・エネルギー収支式を式(10)で表す。

$$WG_{w,t}^h = \sum_{j \in GND} C_{j,w} \cdot X_{j,t}^h + \sum_{j \in ND} C_{j,w} \cdot D_{j,t}^h \quad (10)$$

h : 家計部門

GND : 非耐久消費財の集合

$WG_{w,t}^h$: 年 t に発生する環境負荷 w の量

$D_{j,t}^h$: t 年に発生する耐久消費財からの環境負荷 w の量

ここで年 t に発生する耐久消費財からの環境負荷量 $D_{j,t}^h$ は廃棄率関数 $\tilde{f}_j(x)$ を用いて式(11)のように表すことができる。

$$D_{j,t}^h = \sum_{x=1}^{\infty} \tilde{f}_j(x) \cdot X_{j,t-x}^h \quad (11)$$

ここで、 x は耐久消費財を購入してから経過年数を表す。またここで用いた廃棄率関数 $\tilde{f}_j(x)$ はワイブル分布を離散的に近似し、和が1となるように補正したものである。 m は形状パラメータ、 η は特性寿命である。

$$\sum_x \tilde{f}_j(x) = 1 \quad (12)$$

4 環境負荷発生量の推計

4. 1 推計の流れとモデルのパラメータの設定

本研究では藤原ら⁵⁾、金森ら¹⁾と同様の方法で推計、モデルパラメータの設定を行った。まず、財・サービス選好モデルで基準年(1995年)の家計消費支出、経済変化率、高齢化世帯の割合を用いて、全国の財・サービス別の家計消費支出を推計した。基準年の家計消費支出は産業連関表の家計消費支出を用いた。推計した財・サービス別の家計消費支出を家庭の物質・エネルギー収支モデルのインプットとし、環境負荷発生量を推計した。

以下にモデルのパラメータ設定について簡単に説明する。

家庭の分類 消費者を高齢者世帯(世帯主が65歳以上)とそれ以外の世帯に分類した。

便益、財の設定 家庭で生産される便益を9種類、財・サービスの分類は産業連関表の分類に従った。消費支出のデータは家計調査、時間使用のデータは社会生活基本調査を用い、消費支

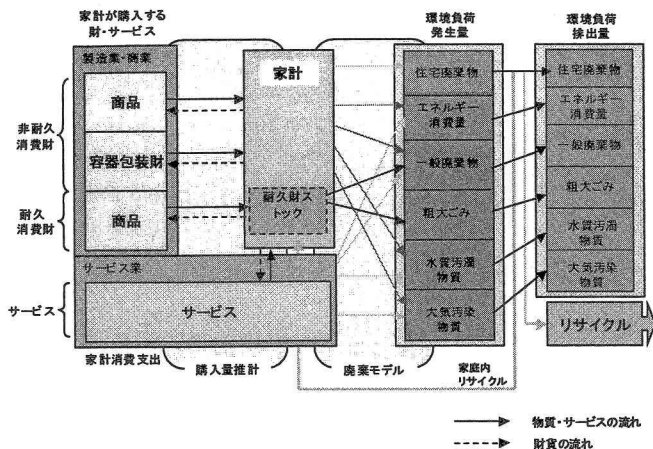


表-1 研究で用いた選好関数

便益	高齢者世帯	それ以外の世帯
	選好の強度 α_j	
衣	0.00495 (3.2)	0.00046 (3.1)
食事	0.0595 (10)	0.0512 (13)
住	0.00800 (5.4)	0.0113 (6.3)
教育	0.0154 (15)	0.00390 (14)
家事	0.0972 (10)	0.0762 (10)
健康	0.0993 (3.1)	0.0965 (4.1)
娯楽	0.297 (50)	0.287 (40)
睡眠	0.278 (31)	0.314 (31)
その他	0.141 (4.1)	0.160 (5.5)
	基準便益量 β_j	
衣	55700 (10)	80600 (4.3)
食事	26000 (9.3)	27300 (8.8)
住	77400 (14)	24800 (11)
教育	17200 (7.9)	17700 (6.8)
家事	37700 (8.4)	39700 (7.7)
健康	5710 (4.3)	5680 (4.6)
娯楽	41500 (11)	42400 (12)
睡眠	99600 (9.3)	92700 (8.4)
その他	10300 (3.2)	5910 (3.6)

() は漸近的t値を示す。

出、時間使用の分類のそれぞれに投入先となる便益を設定した。

選好関数のパラメータ設定 本研究で用いた選好関数を表-1に示す。

耐久消費財の廃棄率関数 廃棄率関数は6種類設定した。今回、粗大ごみを推計するにあたり、新たに平均耐用年数が10年と13年の廃棄率関数を設定した。

4. 2 環境負荷発生量の推計結果

日本全国の1990年と1995年の推計結果を表-3～表-15に示す。BOD量、SS量、窒素量、リン量については推計された排水量に、CO₂量、NO₂量はエネルギー消費量に排出係数をかけて算出した。なお、報告値の出典については表-2にまとめた。CO₂発生量に関しては、日本全国のCO₂発生量のうち13%が家庭部門によるものとし、さらにそのうち電力起源、都市ガス起源、LPG起源の発生量がそれぞれ29%、10%、7%と仮定して報告値とした。

粗大ごみは推計年が短かったために、1990年の推計値が報告値よりも小さい結果となったと考えられる。排水量に関する推計値と報告値の比較は、本来最終的な排水量の比較も行うべきだが、下水は地域のよって雨水管と合同式のものが利用されているため、正確な報告値が得られず、今回は比較を行って

いない。BOD、SS、T-N、T-Pの推計は排出係数の値が報告書により異なる影響が大きく出た。またこれらの推計結果を比較するのに適切な報告値が見当たらなかったため、今回は推計のみ行った。電力、都市ガス、LPG消費量自体の推計は良かったが、CO₂発生量推計結果は大きく離れた。これはそれぞれの日本全国のCO₂発生量に占める割合がせいぜい数%に過ぎないために、報告値の設定が困難であったことが原因の一つでないかと思われる。報告値との比較で0.82～1.45であり、全体としておおむね良好な一致を示したと考える。

表-2 報告値の出典

報告値	出典
粗大ごみ発生量	日本の廃棄物処理（各年版）
上水量	上水統計（各年版）
電力消費量	電力供給の概要(2001)
都市ガス消費量	総合エネルギー統計（H12年度版）
LPG消費量	総合エネルギー統計（H12年度版）

表-3 粗大ごみ発生量推計結果

単位：千t			
年	推計値	報告値	推計値/報告値
1990	1331	2770	0.48
1995	2597	2993	0.87

表-4 排水発生量推計結果

単位：千m ³				
年	上水推計値	上水報告値	推計値/報告値	排水推計値
1990	5645960	4714128	1.20	5675120
1995	5656040	4454008	1.27	5685270

表-5 BOD発生量推計結果

単位：千t		
年	推計値1	推計値2
1990	1536	829
1995	1539	831

*推計値1: BOD(58.75g/217L)

*推計値2: BOD(45g/308L)

表-6 SS発生量推計結果

単位：千t		
年	推計値1	推計値2
1990	851	514
1995	853	515

*推計値1: SS(45g/300L)

*推計値2: SS(27.9g/308L)

表-7 T-N発生量推計結果

単位：千t		
年	推計値1	推計値2
1990	323	166
1995	324	167

*推計値1: T-N(12.35g/217L)

*推計値2: N(9.03g/308L)

表-8 T-P発生量推計結果

単位：千t		
年	推計値1	推計値2
1990	47	14
1995	47	14

*推計値1: T-P(1.8g/217L)

*推計値2: P(0.75g/308L)

表-9 電力消費量推計結果

単位：億kWh			
年	推計値	報告値	推計値/報告値
1990	1890	1422	1.33
1995	1903	1750	1.09

表-10 CO₂発生量推計結果

単位: 千t-C			
年	推計値	報告値	推計値/報告値
1990	18469	12756	1.45
1995	18593	13816	1.35
*推計値: 排出係数 0.0977kg-C/kWh			

表-12 都市ガス消費量推計結果

単位: km ³			
年	推計値	報告値	推計値/報告値
1990	7375000	7757000	0.95
1995	7424000	9021000	0.82

表-14 都市ガス消費量推計結果

単位: 千t-C			
年	推計値	報告値	推計値/報告値
1990	4005	4317	0.93
1995	4032	3986	1.01
*都市ガス起源のCO ₂ の排出係数: 0.5431kg-C/m ³			

表-11 NO₂発生量推計結果

単位: 千t-NO ₂	
年	推計値
1990	142
1995	143
*排出係数 0.75g-NO ₂ /kW	

表-13 LPG消費量推計結果

単位: 千t			
年	推計値	報告値	推計値/報告値
1990	5603	5438	1.03
1995	5642	6155	0.92

表-15 LPG消費量推計結果

単位: 千t-C			
年	推計値	報告値	推計値/報告値
1990	4108	2790	1.47
1995	4136	3022	1.37
*LPG起源のCO ₂ の排出係数: 0.7331kg-C/kg			

5 おわりに

本研究では家庭による財・サービス行動とそれらの消費に伴う環境負荷発生量を、家計収支、物質収支、エネルギー収支、時間収支の観点に立ち関連付けるモデルを開発し、その適用性を検討するため1990年代の日本に適用した。既報告^{1),5)}では取扱っていなかった粗大ごみ、排水量、BOD量、SS量、窒素量、リン量、エネルギー消費量、CO₂量、NO₂量について新たに推計した。推計値/報告値の範囲は0.82~1.33の範囲であり、おおむね良好に推計できた。今後の課題としては、住宅建築物解体廃棄物発生量の推計や、家計の生産活動と代替関係にあるサービス産業活動に伴う環境負荷発生量についても同時に評価できるモデルに拡張したい。また社会・経済の変化や政策による将来のライフスタイルの変化を家計消費行動として記述し、その家計消費行動から発生する環境負荷発生量について将来推計を行っていきたい。

参考文献

- 1) 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, 環境システム論文集, Vol.30, 333-339, 2002
- 2) 呉佑鍾, 松藤敏彦, 田中信寿: 家庭系ごみ収集量の変化要因分析およびごみ種別推定モデルの作成, 廃棄物学会論文誌, Vol.7, No.4, 183-192, 1996
- 3) 笹尾俊明: 廃棄物処理有料化と分別回収の地域的影響を考慮した廃棄物減量効果に関する分析, 廃棄物学会論文誌, Vol.11, No.1, 1-10, 2000
- 4) 高瀬浩二: 家計消費と家庭系廃棄物発生量の計量経済分析, 廃棄物経済学をめざして, 中村慎一郎編, 早稲田大学出版部, 2002
- 5) 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集, Vol.30, 19-27, 2002