

Cross entropy 法を用いた 世帯分類別の環境負荷発生量に関する研究

金森有子¹・松岡 譲²

¹学生会員 工修 京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: Yu.kanamori@t02.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

²正会員 工博 京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

家庭のライフスタイルが変化する要因の1つに、世帯構成が考えられる。現時点で容易に入手できる情報は、世帯をある面からしか見ていないものが多い。そこで、本研究では、Cross entropy 法を用いて、世帯類型、世帯主の年齢、住居の所有関係の面からまとめられたデータを用いて、これらの3要因を組み合わせた世帯分類での消費支出データの作成を試みた。さらに、作成されたデータを用いて、世帯分類別の環境負荷の発生量を推計し、世帯分類と環境負荷発生量との関係を考察した。推計の対象は、1987年から2002年の16年間で、日本の家庭部門とした。その結果、①環境負荷の発生量に最も大きな影響を与えるのは世帯類型であること、②高齢者世帯には特有の消費行動があり、いくつかの財に関して、世帯類型の傾向と異なる傾向が見られること、がわかった。

Key Words: Cross entropy method, data updating, consumption expenditure, environmental load, household type

1. はじめに

地球上の多くの環境問題は、現在の社会構造やライフスタイルが大きな原因である。環境問題の解決のためには、大胆な社会構造の変化が必要であるといわれ、例えば日本では、脱温暖化社会や循環型社会といった社会ビジョンが提案されている。これらの社会の構築のためには、インフラの再構築や人々のライフスタイルの変化など、大規模な改革が求められており、私たちの生活に関して、物理的にも精神的にも変化することが求められている。このような大幅な社会の変化は、人々の賛同なくしては行えず、大幅な社会の変革のためには人々の意識の変化が重要になるだろう。

そのためには、将来、社会構造の変化、ライフスタイルの変化が起きても、持続可能な生活、満足のいく生活が送れることを示すこと、また逆に、そういう生活が実現可能であることを示すことが重要である。

これらのことを考えるに先立ち、ライフスタイルが変化する要因を見つけることが重要になる。ライフスタイルは様々な要因によって変化することが考えられるが、主要な要因の一つとして世帯構成が考えられる。世帯構成は、消費支出や時間の分配に大きな影響を与える。このことは経験的にも、調査結果からも明らかであるが、これらについて系統的に研究した例は日本ではあまり見

られない。大きな理由として、日本では様々な統計データが提供されているが、これらはある一面(属性)からしか世帯や個人を分類しておらず、それらを組合せた時の評価・分析がほとんど行われていないためである。そこで、本研究では、Cross entropy 法を用いて、世帯分類と公表されている家計調査の消費支出及び環境負荷の発生量の係わりを解析した。

2. 既往の研究と本研究の位置付け

本研究は世帯分類別の環境負荷発生量を家計調査から推計する。使用した家計調査¹⁾は、総務省が家計の収入・支出について調査したものである。調査結果は、世帯分類別に公表され、世帯分類に特有の消費傾向などの考察が可能である。2006年における代表的な世帯分類の内容を表-1にまとめた。公表されている調査結果はこれらの属性のうち1, 2種についてのみクロス集計されており、さらに詳細にクロスした分析を行うことはできない。このことは様々な世帯属性によって、影響を受ける環境負荷発生量の分析を行うのに大きな制約となる。

このように、限られた属性のみクロス集計されたデータから、詳細なデータを作成する手法の一つとして、Cross entropy 法²⁾がある。本章では、Cross entropy 法を用

表-1 家計調査の世帯分類 (2006年)

世帯分類	分類内容
地方・地域別	都市階級別, 地方別, 都道府県庁所在地都市別, など
収入階級別	5分位, 10分位, など
世帯人員別	1人, 2人, ..., 6人以上
世帯主の年齢階級別	24歳未満, 25~29歳, ..., 70歳以上
世帯主の職業別	労務作業者, 職員, 個人営業, 無職, など
世帯類型別	単身世帯, 片親と未婚の子供からなる世帯, など
住居の所有関係別	持ち家, 民営借家, 給与住宅, など

いた研究の紹介と, 世帯分類と環境負荷の関係について解析した研究例を示す。

Cross entropy 法とは, 情報の一部 (合計値) しかわかっていないデータに対し, 過去のデータ等の何らかの情報を利用して, cross entropy が最小になるように, 情報の詳細を決定する手法である。詳細に関しては, 次章で説明するため, ここでは説明を割愛する。この, Cross entropy 法の特徴的なケースが, Maximum entropy 法である。

Robinson, S. et al³⁾では, 社会勘定行列(SAM)を更新するための手段として, RAS 法と, Cross entropy 法を比較している。(RAS 法の詳細は Schneider, M. H. and Zenios, S.⁴⁾を参照。) その結果, 列係数の推計に関しては, Cross entropy 法の方が優れており, SAM におけるフローの推計に関しては, RAS 法がわずかに良い結果を示した。

Golan, A. et al⁵⁾は, メキシコの肉に関して, 需要システムの AIDS モデルのパラメータの推定に GME (Generalized maximum entropy) を適用した。また推定されたパラメータを用い, 支出弾力性とか価格弾力性を推計した。その結果, GME は最尤法と比べて, ①堅固で有効であり, ②簡単に適用できる。③良設定問題にも不良設定問題にも適用でき, ④GME の目的値は, 精度と予測の両方を示す等の利点を示した。

さて, これまでの研究では, 一般的に世帯人員数が多いほど 1 人あたりの消費や環境負荷発生量が減少することが報告されている。Lenzen, M. et al⁶⁾は, オーストラリアのエコロジカルフットプリントの計算を行った。その結果の 1 つとして, 世帯人員数との関係を示しており, 世帯人員数が多いほどエコロジカルフットプリントが小さくなった。また, Ironmonger, D. S. et al⁷⁾は, オーストラリアの家庭部門のエネルギーへの消費支出や消費量について, 世帯人員数と世帯における大人の人数との関係を考察した。その結果, 世帯人員数とエネルギー消費量との間には負の相関が見られた。日本においては, 小泉ら⁸⁾が家庭ごみ発生構造分析手法を用いて, 世帯属性とごみ排出原単位との相互関連性について定量的な分析を行った。その結果世帯人員数や男女構成, 職業が排出原単位に大きな影響を与える要因であることがわかった。Liu, J. et al⁹⁾は, 1985 年~2000 年における, 世界の 141 カ国の人口や世帯数の変化率を比較した。次に, 世帯数増加の原因を調査し, 人口と世帯人員数の変化の相対的な寄与を比較した。最後に, 実際に 6 つの地域(ニュージーラン

ド, イタリア, ブラジル, アメリカ・インディアンリバー郡, モーリシャス・ロドリゲス島, 中国の臥竜保護区) に対して, 世帯数の増加に対する人口と世帯人員数の変化の寄与をを推計した。その結果, 世界中の様々な国や地域において, 世帯人員数の減少が進んでおり, このことは, 資源の利用や生物多様性に大きな影響を与える可能性を示唆した。

3. Cross entropy 法

(1) Cross entropy 法の問題設定

Cross entropy 法では, 推定したいパラメータ (情報) β (未知数) を観測値 y (既知) と, β と y の変換行列である X (既知) の 2 種類のデータを用いて推計する。つまり, この手法の問題設定は式(1)のように表現できる。

$$y = X\beta \quad (1)$$

y : 観測値のベクトル (T 次元)

$$(= [y_1, y_2, \dots, y_t, \dots, y_T])$$

X : 既知行列 ($T \times K$ 次元)

β : 未知ベクトル (K 次元 ($K > T$))

$$(= [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k, \dots, \beta_K])$$

ここで, 未知パラメータ β_k は式(2)に示すように基底 z とその実現確率 p_k によって表現されると想定する。ここに,

$$\beta_k = z' p_k = \sum_m z_m p_{km} \quad (m=1, 2, \dots, M) \quad (2)$$

$$z = [z_1, z_2, \dots, z_M]'$$

$$p_k = [p_{k1}, p_{k2}, \dots, p_{kM}]'$$

である。

何らかの情報により p_k の事前確率 q_k が推定できる場合, 式(3)のように β_k^0 を定義する。

$$\beta_k^0 = z' q_k = \sum_m z_m q_{km} \quad (3)$$

$$q_k = [q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kM}]'$$

(2) 目的関数と条件式

Cross entropy 法では, 以下のように cross entropy I を最小化する。

$$\min_p I(p, q) = \sum_k \sum_m p_{km} \ln(p_{km}/q_{km}) \quad (4)$$

表-2 世帯分類の特徴と略称

世帯分類				世帯数			世帯人員数		
世帯類型	世帯主の 年齢	住居の 所有関係	略称	1987 (世帯)	2002 (世帯)	平均変化率(%) (1987～2002)	1987 (人/世帯)	2002 (人/世帯)	変化率(-) (2002 / 1987)
単身	非高齢者	持ち家	単・若・持	997496	1663842	3.5	1.00	1.00	1.00
		その他	単・若・借	6460570	8552115	1.9	1.00	1.00	1.00
	高齢者	持ち家	単・老・持	978911	2132823	5.3	1.00	1.00	1.00
		その他	単・老・借	579989	1231309	4.1	1.00	1.00	1.00
夫婦/夫婦・子	非高齢者	持ち家	両・若・持	11162808	12023650	0.5	3.59	3.31	0.92
		その他	両・若・借	6687445	6332503	-0.4	3.50	3.13	0.90
	高齢者	持ち家	両・老・持	2319966	5047276	5.3	2.09	2.34	1.12
		その他	両・老・借	443153	792087	3.9	2.04	2.28	1.12
片親	非高齢者	持ち家	片・若・持	1157771	1581355	2.1	2.42	2.43	1.00
		その他	片・若・借	1093405	1352634	1.4	2.50	2.53	1.01
	高齢者	持ち家	片・老・持	299767	655360	5.4	1.98	2.16	1.09
		その他	片・老・借	92498	176101	4.4	1.95	2.15	1.10
その他	非高齢者	持ち家	他・若・持	4657248	3715548	-1.5	5.53	4.68	0.85
		その他	他・若・借	524040	590841	0.8	3.83	3.01	0.79
	高齢者	持ち家	他・老・持	1410994	1994111	2.3	5.79	4.95	0.85
		その他	他・老・借	70120	93813	2.0	3.55	3.27	0.92
日本全国				38936180	47935367	1.4	3.10	2.61	0.84

ここで、条件は以下の式(5)~式(7)で表される。

$$\sum_k \sum_m x_{ik} z_m p_{km} = y_i \quad (5)$$

$$t=1,2,\dots,T, \quad m=1,2,\dots,M$$

$$\sum_k \sum_m z_m p_{km} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_m p_{km} = 1 \quad (7)$$

実際の適用に関しては、次章に詳しく述べる。

4. Cross entropy 法の適用

(1) 適用の概要

本研究では、3章で説明した Cross entropy 法を日本の消費支出データに適用し、詳細な世帯分類別の消費支出データの分解を試みた。以下に示す3種類の世帯分類で、消費支出データが得られている。

- ・世帯主の年齢別(非高齢者世帯、高齢者世帯(世帯主の年齢が65歳以上))
- ・世帯類型別(単身世帯、夫婦/夫婦・子世帯、片親世帯、その他世帯)
- ・住居の所有関係別(持ち家世帯、その他(住)世帯)

本研究では、これらの分類を組み合わせた(例えば、非高齢者、単身、その他(住)世帯等)16種類の世帯分類の品目別消費支出データを作成した。これらの世帯分類の特徴と略称を表-2にまとめた。推計対象年は1987年~2002年の毎年とした。本研究で採用した3種類の世帯分類は、各種調査の結果から重要と思われる分類であり、かつ4(2)で説明するデータ加工手法が適用可能なもので選択した。

さらに、作成された消費支出データを用い、環境負荷発生量を推計し、世帯分類別の環境負荷発生量の係わりについて、考察を行った。

(2) 元となるデータ

元となる消費支出データは、家計調査の世帯分類別の消費支出データを、国民経済計算¹⁰⁾の日本全国の消費支出データと整合するように修正したものである。作業は家計調査法¹¹⁾に準じて行い、家計調査のデータに全国消費実態調査補正と世帯人員補正を行って作成した。この方法は、金森ら¹²⁾に従ったものである。尚、消費支出額は全て2000年基準で実質化した。

この消費支出データは、財・サービスを85分類している。表-3に財・サービス分類を示す。消費支出の対象は、統計により異なり、また取り扱いも異なる。家計調査では非消費支出である生命保険を本研究では消費支出とし、家計調査では帰属家賃を考慮していない住宅賃貸料について、本研究では消費支出の対象から外した。

(3) 計算方法

まず、世帯分類別の推計値はそれらを集約化し報告されている属性集約度とした時、報告値と一致する必要がある。そこで、以下の3つの式((8a)~(8c))を設定した。

$$X_{h1,i,t} = \sum_{h2} \sum_{h3} X_{h1,h2,h3,i,t} \quad (8a)$$

$$X_{h2,i,t} = \sum_{h3} \sum_{h1} X_{h1,h2,h3,i,t} \quad (8b)$$

$$X_{h3,i,t} = \sum_{h1} \sum_{h2} X_{h1,h2,h3,i,t} \quad (8c)$$

$h1, h2, h3$: 世帯分類(世帯類型・世帯主の年齢別・住居の所有関係別)

表-3 財・サービス分類

パン及び穀物	家庭用繊維製品	情報処理装置
肉及び肉加工品	家庭用器具	記録媒体
魚及び水産加工品	家庭用器具の修理費	視聴覚、写真及び情報処理装置の修理費
ミルク、チーズ及び卵	ガラス器具類、食器類及び家庭用品	楽器
油脂	住宅及び庭用の工具備品	楽器の修理費
果物	家庭用非耐久財	ゲーム及び玩具等
野菜	家庭サービス及び家事サービス	スポーツ用具等
砂糖、チョコレート及び菓子	薬品及びその他の医療製品	庭、草木及びペット関連商品・サービス
その他の食料品	治療用機器	レクリエーション及びスポーツサービス
コーヒー、茶及びココア	外来・病院サービス	文化サービス
その他の非アルコール飲料	入院サービス	ギャンブル性ゲーム
アルコール飲料	自動車	書籍
たばこ	オートバイ	新聞及び定期刊行物
糸及び生地	自転車及びその他の輸送機器	その他の印刷物
衣服	予備部品及び付属品	文房具及び画材
その他の衣服及び衣装装飾品	燃料及び潤滑油	パッケージ旅行
クリーニング及び衣服の修理費	個人輸送機器の保守及び修理費	教育
靴及びその他の履物	その他のサービス	飲食サービス
履物の修理費	鉄道旅客輸送	宿泊施設サービス
水道料	道路旅客輸送	美容院及び身体手入れ施設
廃棄物処理	航空旅客輸送	個人ケア用器具及び製品
電気	外洋・沿海・内水面旅客輸送	宝石及び時計
ガス	その他の輸送サービス	その他の身の回り品
液体燃料	郵便	生命保険
固体燃料	国内電話・電報	非生命保険
熱エネルギー	国際電話・電報	金融サービス
家具及び装備品	その他の通信サービス	その他のサービス
絨毯及びその他の敷物	ラジオ・テレビ受信機及びビデオ機器	
家具・装備品及び敷物類の修理費	写真・撮影用装置及び光学機械	

* 太字はストック財

 i : 財・サービス t : 推計年 $X_{h1,i,t}$: t 年における世帯分類 $h1$ の財・サービス i

の消費支出(報告値)

 $X_{h2,i,t}$: t 年における世帯分類 $h2$ の財・サービス i

の消費支出(報告値)

 $X_{h3,i,t}$: t 年における世帯分類 $h3$ の財・サービス i

の消費支出(報告値)

 $X_{h1,h2,h3,i,t}$: t 年における詳細な世帯分類($h1$ から $h3$ を組み合わせたもの)別財・サービス i の消費支出(推計値)

式(9)に従い、離散的な基底とその実現確率を設定した。こうすることで、全ての Z_p を $[0, 1]$ の範囲で設定できる(式(10))。

$$A_{h1,h2,h3,i,t} = X_{h1,h2,h3,i,t} / X_{h1,i,t} \quad (9)$$

$$A_{h1,h2,h3,i,t} = \sum_l Z_{l,h1,h2,h3,i,t} \cdot p_{l,h1,h2,h3,i,t} \quad (10)$$

 l : 離散点のインデックス
 $Z_{l,h1,h2,h3,i,t}$: t 年における詳細な世帯分類別、財・サービス i の第 l 離散点

 $p_{l,h1,h2,h3,i,t}$: t 年における詳細な世帯分類別、財・サービス i の第 l 離散点の確率

目的関数は、式(11)のようにした。

$$\min_p I_{i,t} = \sum_l \sum_{h1,h2,h3} p_{l,h1,h2,h3,i,t} \cdot \ln(p_{l,h1,h2,h3,i,t} / q_{l,h1,h2,h3,i,t}) \quad (11)$$

条件は、式(12)に示すとおりである。

$$\sum_l p_{l,h1,h2,h3,i,t} = 1 \quad (12)$$

なお、推計の評価については、付録2に記した。

(4) 消費支出推計結果

a) 年別の結果

図-1に各世帯分類の1世帯1ヶ月1人あたり消費支出の経年変化を示す。1人あたりになおすと、世帯人員数の最も少ない単身世帯の消費支出が多いことがわかる。全体的な傾向として世帯人員数の多い世帯の1人あたり

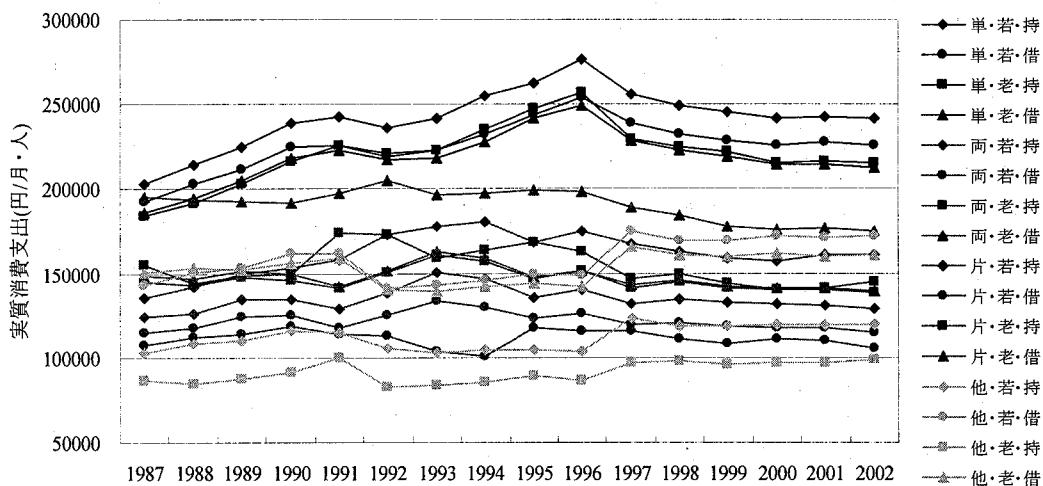


図-1 全世帯分類の1人あたり実質消費支出 (2000年基準)

消費支出は小さく、世帯人員数の少ない世帯の消費支出は大きい。この中で、夫婦/夫婦・子世帯のみ、その挙動が世帯分類により異なったため、さらに詳細な結果として夫婦/夫婦・子世帯の消費支出の内訳(上位6項目)を表-4に示す。なお、表-4に示した財・サービス分類は、表記の関係上、表-3で示した財・サービス分類と異なるものがある。

表-4 夫婦/夫婦・子世帯の消費支出内訳

順位	非高齢者・持ち家世帯 [両・若・持]		高齢者・持ち家世帯 [両・老・持]	
	財・サービス種	割合(%)	財・サービス種	割合(%)
1	食料品	0.17	食料品	0.24
2	輸送機器・維持関連サービス	0.09	衣料品	0.07
3	衣料品	0.08	医療関係	0.07
4	娯楽サービス	0.08	家庭用器具・耐久財	0.07
5	外食	0.06	娯楽サービス	0.06
6	娯楽機器・用品	0.05	その他サービス	0.05

順位	非高齢者・その他世帯 [両・若・借]		高齢者・その他世帯 [両・老・借]	
	財・サービス種	割合(%)	財・サービス種	割合(%)
1	食料品	0.17	食料品	0.19
2	輸送機器・維持関連サービス	0.10	輸送機器・維持関連サービス	0.08
3	外食	0.08	衣料品	0.08
4	娯楽サービス	0.08	娯楽サービス	0.07
5	衣料品	0.06	外食	0.06
6	娯楽機器・用品	0.06	家庭用器具・耐久財	0.05

[両・老・持]世帯は、消費支出の上位項目を、食料品や衣料品、家庭用器具・用品、医療関係が占めており、必需品の割合が高いといった特徴が見られる。それに対し、同じ高齢者世帯でも持ち家以外の [両・老・借]世帯では、その他の世帯分類([両・若・持]・[両・若・借])と傾向が似ている。しかるにこの結果が、世帯分類の特性によるものか、即断を避け、今後詳細な世帯分類特性データが得られた際の課題としたい。一方、非高齢者世帯では、輸送機器関係や、娯楽サービス、用品等に多くの消費支出が割かれており、若い世帯特有の特徴が見られる。

しかし、この2つの世帯分類では、[両・若・持]世帯の方が、[両・若・借]世帯と比べて1.5倍程度、消費支出

が多い。世帯人員数にそれほど差がない(表-1)にも関わらず、このような結果となった理由としてまず考えられるのは、分類間での収入の格差である。ここで、表-5に夫婦/夫婦・子世帯の世帯分類別平均世帯主年齢を示す。

表-5 夫婦/夫婦・子世帯の世帯分類別平均世帯主年齢(歳)

[両・若・持]	[両・若・借]	[両・老・持]	[両・老・借]
49.7	40.2	72.1	71.8

表-5から非高齢者世帯の2つの世帯分類の平均世帯主年齢に約10歳の差があることがわかる。このことは、[両・若・持]世帯と[両・若・借]世帯の平均収入に大きな格差があることを意味し、上記の理由となる。

b) 世帯分類間の比較

次に世帯分類別の1人あたり1ヶ月の消費支出の結果を図-2に示す。

結果から明らかなように、単身世帯について、推計した16年間に消費支出が大きく変動していることがわかる。また、経年的に増加し続けたわけではなく、ピークを1990年代の中盤に迎え、2000年以降は、1990年代半ばより微減したことが特徴的である。理由として、①晩婚化により、比較的高所得な人間も単身世帯でいることが増えた、②高齢者の単身世帯の増加により、所得の減少が起きた、③景気による所得の増減、などが複合的に影響を与えていることが推定される。

5. 環境負荷発生量の推計

本章では、4章で推計した詳細な世帯分類別の消費支出を元に、環境負荷発生量を推計し、さらに環境負荷発生量と、世帯分類について考察を行った。

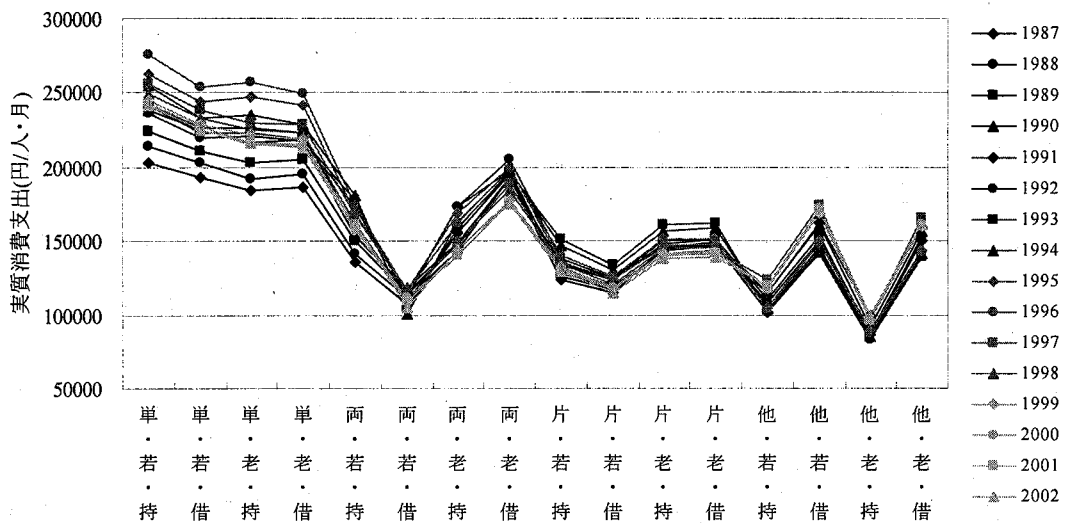


図-2 世帯分類別1人あたり実質消費支出(2000年基準)

ここで、取り扱う環境負荷種は、金森ら¹³⁾と同じであり、家庭ごみ(14種類)、粗大ごみ、廃棄された輸送機器、水消費量、エネルギー消費量(6種類)である。エネルギー消費量はCO₂排出量に影響を与えるので、環境負荷発生量と捉えた。

(1) 環境負荷発生量の推計

消費支出から財の購入量を推計した後、耐久消費財に関して、購入時と環境負荷発生時の時間遅れについて廃棄関数を用いて考慮し、環境負荷発生量を推計した。環境負荷の発生にあたり、購入時と廃棄時に財の重量が変化するものは、環境負荷変換係数として考慮している。推計の詳細な手法は、金森ら¹³⁾に従った。耐久消費財の廃棄関数を6種類設定した。各廃棄関数の特徴と、適用

した財の例について表-6に記す。エネルギー消費量にしても、同様に消費支出と単価から推計した。

表-6 廃棄関数の特徴

	平均耐用年数	適用した財の例
廃棄関数1	1~2年	電球・被服(下着・靴下)
廃棄関数2	3年	おもちゃ・靴・被服(シャツ等)
廃棄関数3	4~5年	スポーツ用品・家事雑貨 被服(ブラウス・セーター等)
廃棄関数4	6~7年	被服(コート)・照明器具
廃棄関数5	10年	家電・冷暖房・輸送機器
廃棄関数6	12~13年	家具・数物・楽器

(2) 環境負荷発生量の推計結果

図-3~図-8に環境負荷発生量の推計結果を示す。結果の妥当性を評価するために、報告値との比較を行った。

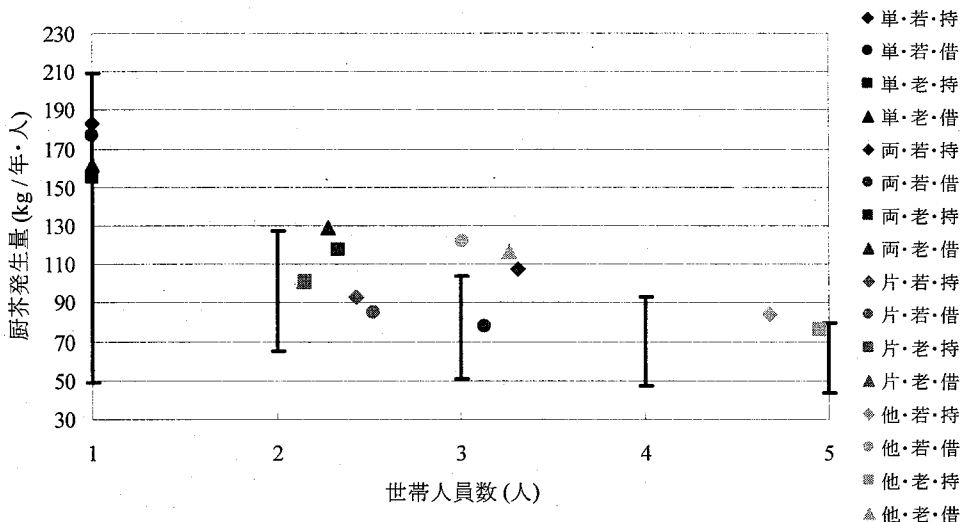


図-3 世帯分類別1人あたり厨芥発生量(2002年)

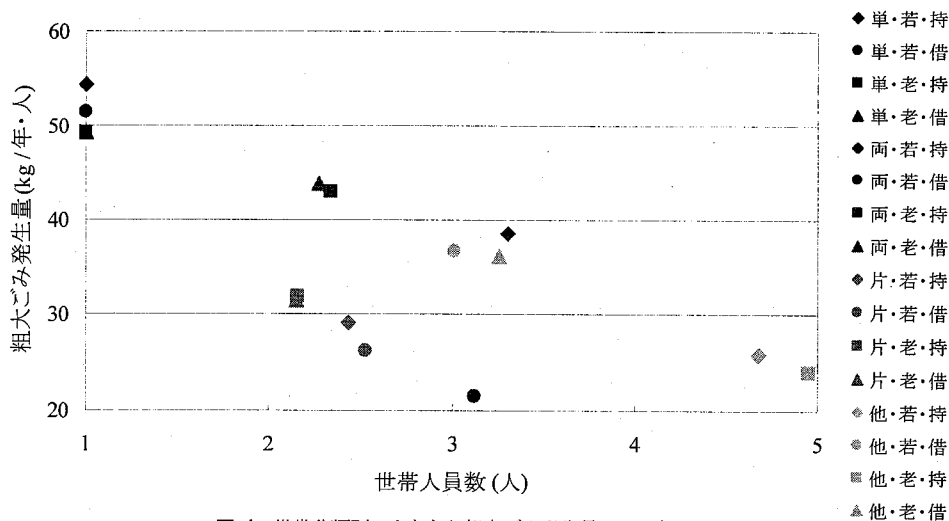


図-4 世帯分類別 1 人あたり粗大ごみ発生量 (2002 年)

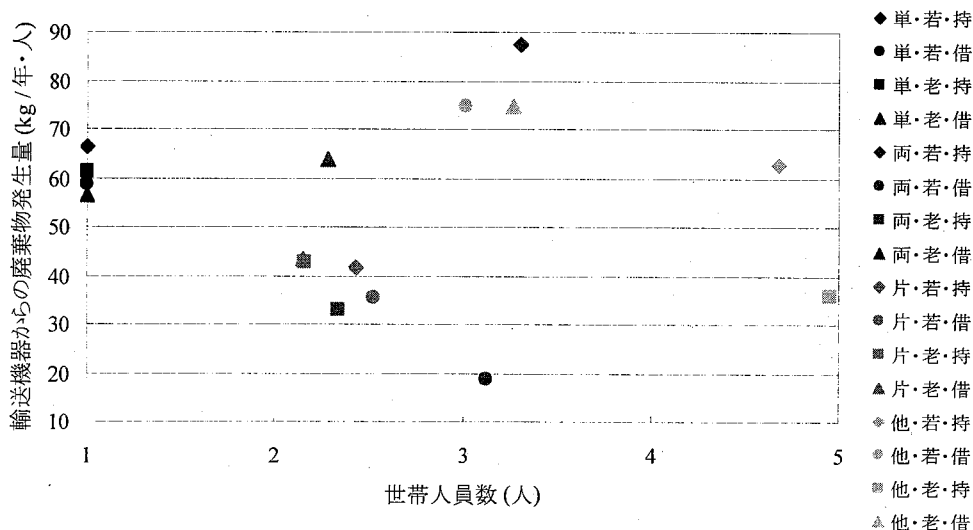


図-5 世帯分類別 1 人あたり輸送機器からの廃棄物発生量 (2002 年)

表-7 報告書一覧

環境負荷種	文献
厨房	新宿区 ¹⁴⁾ 文京区 ¹⁵⁾ 京都市環境局 ¹⁶⁾
電気	新エネルギー・産業技術総合開発機構 ¹⁷⁾
都市ガス	新エネルギー・産業技術総合開発機構 ¹⁷⁾

表中の縦の線は、報告値の範囲を示している。各報告値の出典を表-7 に示す。これらの報告値は、実態調査やアンケート調査結果である。

a) 廃棄物発生量

まずは、廃棄物発生量について結果の提示と考察を試みた。家庭ごみの結果として、図-3 に厨房の 2002 年における世帯種類別 1 人あたり環境負荷発生量を示す。世

帯分類による違いはあまり見られず、世帯人員数が多いほど、1 人当たりの廃棄物発生量が少ない右下がり傾向が見られた。

次に、図-4、図-5 に粗大ごみ、輸送機器からの廃棄物発生量の結果を示す。粗大ごみは、右下がりの傾向が見られ、世帯人員数と負の相関がある。厨房の結果と比較すると、比較的片親世帯が小さいことがわかる。片親世帯は母子世帯が多く、その他の世帯分類に比べ、経済的に厳しい生活をしている世帯が多く、その影響だと考えられる。一方、輸送機器の結果を見ると、特に夫婦/夫婦・子世帯、その他世帯に関して、右下がりの傾向が見られない。輸送機器(主に乗用車)は世帯人員数以外の要因による影響があることが考えられ、後に示すガソリン消費量の結果とあわせて考察を加える。

b) エネルギー消費量

エネルギー消費量の結果として、電気消費量、都市ガ

ス消費量、ガソリン消費量の結果を、図-6～図-8に示す。
全体的に、報告値との比較は良い一致を示した。

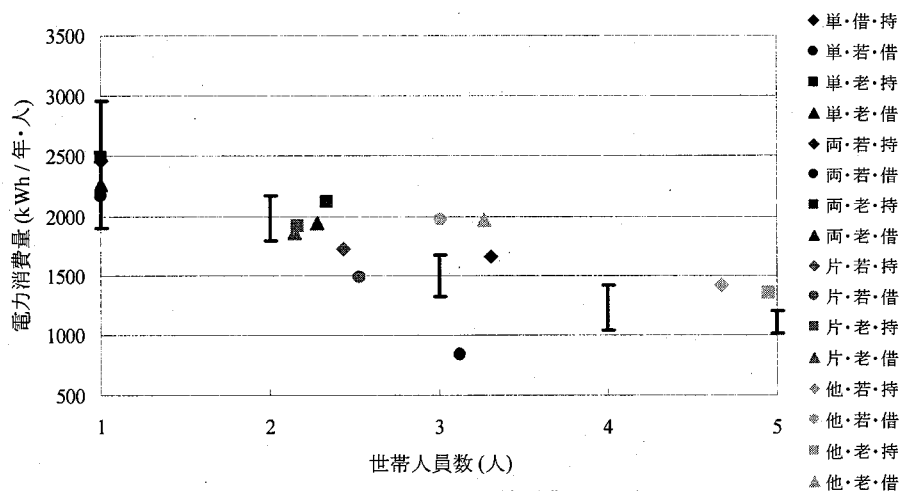


図-6 世帯分類別1人あたり電気消費量(2002年)

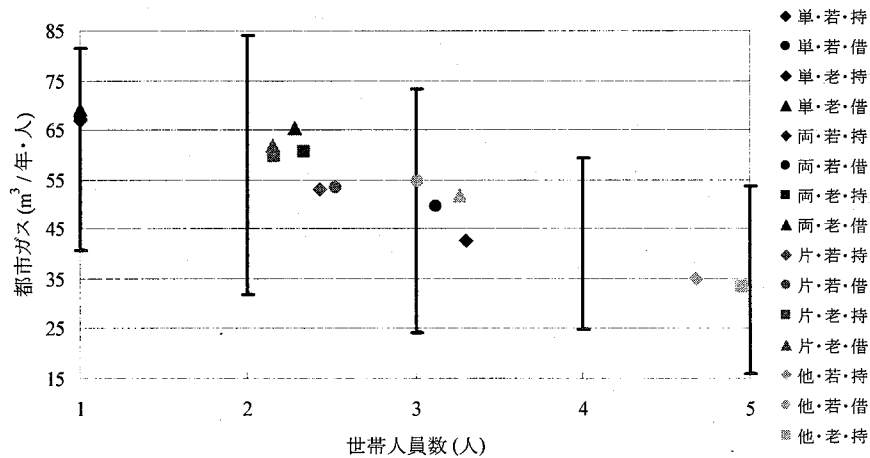


図-7 世帯分類別1人あたり都市ガス消費量 (2002年)

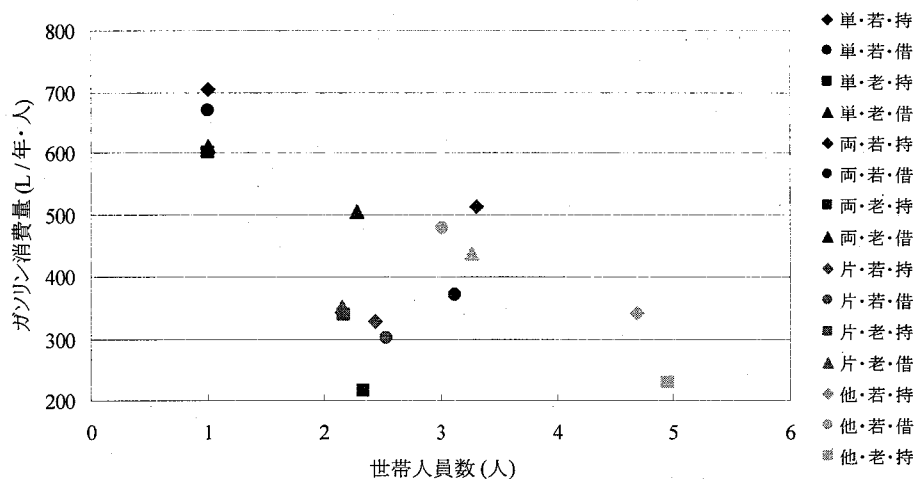


図-8 世帯分類別1人あたりガソリン消費量 (2002年)

表-8 世帯分類と環境負荷発生量の偏相関係数とレンジ

		家庭ごみ		粗大ごみ	輸送機器	エネルギー消費量				水消費量
		厨芥	厨芥以外			電気	都市ガス	灯油	ガソリン	
世帯類型	偏相関係数	0.90	-	0.85	0.49	0.28	-	0.14	0.74	0.37
	レンジ	74.15	21.35	21.38	21.26	705.83	24.03	41.97	316.37	14.29
世帯主の年齢	偏相関係数	0.12	0.12	0.28	0.15	0.43	0.63	0.58	0.38	0.42
	レンジ	3.70	2.08	3.12	4.34	268.81	5.75	55.18	52.35	6.80
住居の所有関係	偏相関係数	0.22	-0.16	0.01	0.05	0.33	0.55	0.49	0.32	-0.01
	レンジ	6.65	0.87	0.08	0.73	78.20	6.74	35.79	56.50	1.32
世帯人員数	偏相関係数	-	-0.88	-	-0.15	-0.53	-0.98	-0.34	-0.21	-0.44

電気・ガスについては右下がりの傾向が見られた。特に都市ガスに関しては、ちらばりも少ない。一方、電気はちらばりが大きい。またガソリンについては、右下がりの傾向が得られた。先ほどの輸送機の結果を踏まえて考えると、世帯人員数による1人あたりの環境負荷発生量の大小は見られるが、ガソリンの消費量を考えると、輸送機器の所有量の差はあまりないことが予想される。

次に、以上の結果を、定量的に評価するために世帯分類と環境負荷の発生量のレンジと偏相関変数を求めた。結果を表-8に示す。

環境負荷発生量に大きく影響を与える要因は、世帯類型や世帯人員数であることがわかる。また、都市ガスについては、世帯主の年齢も影響を与えていることもわかる。住居の所有関係は、財の消費にはほとんど影響を与えない。例えば厨芥以外の家庭ごみと粗大ごみの結果を見ると、厨芥以外の家庭ごみは世帯類型がほとんど影響せず、世帯人員数による影響が大きい。粗大ごみのように、世帯類型別の経済状況に左右される財からの環境負荷発生量は、世帯人員数の影響はほとんどなく、世帯類型により発生量が決定されていることが定量的に示せた。

6. おわりに

本研究では、Cross entropy法を用いて、消費支出データの分割を行った。さらに、分割された消費支出データを用いて、詳細な世帯分類別の環境負荷発生量について、検討した。

Cross entropy法は、少ない情報量から、容易に詳細なデータを作成することが可能であり、大変有効な方法であるが、実際に尤もらしい結果を得るためには、パラメータの設定に工夫が必要であり、使い方には注意が必要である。しかし、これらを踏まえても大変魅力的な方法であると思われる。

また、作成した世帯分類別の消費支出や環境負荷発生量の傾向をみると、世帯人員数や世帯類型が環境負荷発生量に大きな影響を与える要因の一つであることがわかった。世帯人員数に関しては、負の相関が見られた。

一部の環境負荷発生量については、世帯主の年齢が、発生量に影響を与えていることが示された。住宅の所有関係は、その特性が直接、消費支出や環境負荷発生量に影響を与えない。しかし、例えば夫婦/夫婦・子世帯の非高齢者世帯においては、分類別に世帯主の年齢に差があるため、その結果収入の格差が生じており、環境負荷発生量に差が生じた。

今後の課題としては、

- ・ 今回の世帯分類以外の世帯分類に関して、消費支出に大きな影響を与えることが予想される世帯分類を用いて、消費支出の傾向をみる
- ・ 実際のデータと今回の結果を比較してみる（個票使用の申請中）
- ・ 世帯分類別の特徴を捉えた上での、将来のライフスタイル変化への知見を得る

等があげられる。

(付録1)

3章で説明したCross entropy法は非線形問題(NLP)である。計算にあたり、GAMSを利用し、ソルバーにはCONOPTを用いた。GAMSでは、ソルバーにより求解のアルゴリズムが異なるため、違う結果になることがしばしばあるが、今回は、ソルバーにより解に違いがほとんど見られなかったため、CONOPTを利用して得られた結果を用いて以降の推計・考察を行った。

CONOPTの他には、ローカル解を探すMINOS、PATHNLP、SNOPTとグローバル解を探すOQNLPの計5種類で試みた。GAMSでは、ソルバーにより求解のアルゴリズムが異なるため、違う結果になることがしばしばある。しかし、今回はローカル解を求めるソルバーを用いた場合は、ほぼ同じ結果が得られた(推計した項目の1%未満について、最大1%程度のずれがある。99%以上の項目に関しては誤差率が0.01%未満の誤差)。OQNLPの結果も、数%の誤差であった。

(付録2：初期値、離散点、確率の設定)

推計値のおおよその値をあらかじめ予測できる場合、その「予測」をパラメータとして組み込むことで、複数存在するローカル解の中でも、目的関数を最も小さくする解が見つけれられた。

今回の計算で用いたソルバー(CONOPT)はローカル解を探すものである。初期値、離散点、確率 q_k の設定により結果が異なってくる。そこで、変数の初期値、離散点は、尤もらしい解を得るために、注意して設定する必要がある。

本研究では、「同じ世帯類型では同じような消費支出を取る」という仮定をおき、世帯数を考慮して離散点、確率 q_k を設定した。 p_k を探す初期値を0.5とした。

参考文献

- 1) 総務省統計局: 家計調査年報, (財)日本統計協会, 各年版.
- 2) Golan, A., Judge, G. and Miller, D.: Maximum entropy econometrics –Robust estimation with limited data-, Series in financial economics and quantitative analysis, WILEY, 1996.
- 3) Robinson, S., Cattaneo, A. and El-said, M.: Updating and estimating a social accounting matrix using cross entropy method, *Economic systems research*, Vol. 13, No. 1, 47-64, 2001.
- 4) Schneider, M. H. and Zenios, S.: A Comparative Study of Algorithms for Matrix Balancing, *Operations Research*, Vol. 38, 439-455, 1990.
- 5) Golan, A., Perloff, J. M. and Shen, E. Z.: Estimating a demand system with nonnegativity constraints: Mexican meat demand, *the review of economics and statistics*, 83(3), 541-550, 2001.
- 6) Lenzen, M. and Murray, S. A.: A modified ecological footprint method and its application to Australia, *Ecological Economics*, Vol. 37, 229-255, 2001.
- 7) Ironmonger, D. S., Aitken, C. K. and Erbas, B.: Economics of scale in energy use in adult-only households, *Energy Economics*, Vol. 17, No. 4, 301-310, 1995.
- 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, 1-8, 2002.
- 9) Liu, J., Daily, G. C., Ehrlich, P. R. and Luck, G. W.: Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity, *Nature*, Vol. 421, 2003.
- 10) 内閣府経済社会総合研究所編: 国民経済計算, 財務省印刷局, 各年版.
- 11) 経済企画庁経済研究所: 93SNA 推計手法解説書(暫定版), 2000.
- 12) 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集*, Vol. 33, 285-294, 2005.
- 13) 金森有子, 松岡譲: 家庭の消費活動とそれに伴う環境負荷発生の推計, *環境システム研究論文集*, Vol. 32, 127-136, 2004.
- 14) 新宿区: 新宿区家庭ごみ量調査, 2005.
- 15) 文京区: 文京区家庭ごみ量調査, 2005.
- 16) 京都市環境局: 京都市家庭ごみ細組成調査, 各年版.
- 17) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 民生部門エネルギー消費実態調査, 各年版.

A STUDY ON ENVIRONMENTAL LOADS BY HOUSEHOLD TYPE USING CROSS ENTROPY METHODS

Yuko KANAMORI and Yuzuru MATSUOKA

One of factors to be changed lifestyles is household composition. Most of consumption expenditure data which can be readily obtained are divided by only one aspect. In this study, we make consumption expenditure data by detailed household type using cross entropy method and consumption expenditure data by family composition, age group of household head and type of tenure of dwelling. And, we estimated amounts of environmental loads by household type and consider relationships between household type and amounts of environmental loads. We applied this method to Japan's household sector for 1987-2002. The study suggests that : ① family type has a great impact on amounts of environmental loads and ② about some goods, there are different trends in household head aged 65 years or more because of a specific consumption.