

住宅エネルギー消費と世帯属性・地域性の要因分析

遺伝的アルゴリズムによる未知データの最尤推定 -

田中 昭雄¹, 長澤 淳司², 柳 美樹³, 山下 ゆかり⁴, 伊藤 浩吉⁵

はじめに

地球温暖化防止、エネルギー資源有効利用のため、最適なエネルギー政策判断とその実行が希求されている。そのためには、政策対象のエネルギー消費構造の解明と、正確な情報収集が重要であることは言うまでもない。しかし現実には、必要な情報全てが入手可能とは限らない。しかし情報が不完全であっても、それを理由に判断を保留するよりも、入手可能な情報や先見的知識を駆使して、その時点で最適な行動を選択することが社会的に有益である場合が多い。

我が国は、業務部門並びに家庭部門（住宅内）のエネルギー消費の伸びが大きく、住宅のエネルギー消費研究のため、アンケート^{1),2)}や計測^{3),4)}による様々な実態調査、コンピュータシミュレーション⁵⁾による研究が行われている。また公的統計を用いて住宅のエネルギー消費量とその動向を推定することも、この分野の主要な研究の1つである。米国ではエネルギー情報局が4年に1回“The Residential Energy Consumption Survey (RECS)”⁶⁾を実施することで、データベースの整備を行っている。しかし我が国では、これに類似する公的統計が存在しない。民間統計としては、日本エネルギー経済研究所が、NEDO及び経済産業省の委託で実施している「民生部門エネルギー消費実態調査」⁷⁾がある。これは民生部門全般を対象とした継続的実態調査としては、我が国唯一の調査である。しかし5年サイクルと調査間隔が長いこと、調査規模が全国で1000~1200件と公的統計に比べ小規模で、多様な気候や属性を考慮した分析を行うにはサンプル数が十分とは言えない事、将来にわたって安定的に調査継続されるか不明な事などが問題となっている。

そこで、我が国では住宅エネルギー消費の研究に、総務省の「家計調査」の地域別光熱費支出額を用い、各地のエネルギー平均単価から、エネルギー消費原単位を間接的に推定する研究が一般的に行われている。この研究の中心は地域別エネルギー消費原単位の解明^{8)~10)}である。「家計調査」は、戦後まもなく始まった「消費者価格調査」から発展したもので、昭和37年7月から、全国168市町村、約8,000世帯を対象に始まり、その後沖縄県が昭和48年1月から加わり現在にいたる。この統計データを解析する利点は、昭和38年から現在にいたるまでの、均質な時系列データが容易に得られることにある。近年は、2050年、2100年といった長期エネルギー・環境シナリオの検討が行われ、環境・エネルギーのマクロ構造モデル構築の必要性が指摘されており、その時、この種の長期にわたる均質データの必要性は非常に高い。

このように「家計調査」は、家計支出に関わる調査でありながら、家庭部門や住宅を対象とする公的エネルギー統計がない我が国では、住宅エネルギー消費の情報源としての重要な役割を担っている。近年では、更に地域の世帯属性である年収、世帯類型等を考慮したエネルギー消費原単位を知りたいというニーズが高まっている。しかし「家計調査」で、地域別にエネルギー消費と属性の対応を知るには、あらたに同調査で、クロス集計項目が追加されるのを待つが、自身で個票を直接集計する必要がある。公的統計は、統計法で目的外使用が禁止されており、現実的には不可能といわざるを得ない。

¹ (財)日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット 研究員

² (財)日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット 研究員

³ (財)日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット 研究員

⁴ (財)日本エネルギー経済研究所 統計情報グループマネージャー

⁵ (財)日本エネルギー経済研究所 常務理事

そこで本研究では、「家計調査」内の限られた集計情報を用いて、未公開または未集計の光熱費クロス集計値及び該当属性サンプル数の推定値(最尤値^{さいゆうち})を求め、エネルギー消費原単位を推計することで、エネルギー政策立案等に有益な情報を提供する事を目的とする。

集計されていない情報を推定できるとはいえ、ここで紹介する手法は、あくまでも「家計調査」から期待する情報が得られず、かつ新たな「実態調査」が出来ないという条件下での便宜的方法であり、これまで実施されてきたエネルギー実態調査を実施する事が最も望ましいことには代わりはない。

1. 研究対象統計とクロス集計値の推定方法

本章では、本研究の研究対象統計と、その推計内容および推計方法について述べる。

1-1 研究対象統計の概要

本研究では、総務省「家計調査」の各種集計情報から計算統計学的手法を用いて、1970年から、ほぼ10年間で地域別属性別住宅エネルギー消費量を推定する。推計対象年は1970年、1980年、2000年、2004年の5カ年分である。分析対象地域は10地域(北海道、東北、関東、北陸、東海、近畿、中国、四国、九州、沖縄。ただし沖縄は1980年以降)で、検討する属性は、世帯員数、年間所得、世帯主年齢、世帯類型である。またエネルギー源別消費量とその構成による地域のクラスター分けについても検討する。

表1-1に今回推定した属性別エネルギー消費原単位および分析項目を示す。

表1-1 本研究の推定・分析項目

クロス集計		エネルギー消費原単位			世帯員数	サンプル数
		1世帯当	1人当	弾性値		
地域別	世帯員数				6人以上世帯のみ	
	年間所得		-		-	
	世帯主年齢			-		
	世帯類型			-		

1-2 推定方法

1-2-1 作業フロー

元来、各種統計調査には、個人情報保護の目的で分割表の一部を意識的に秘匿して公開する場合がある。この秘匿部分については既に周辺の公開セルデータを用い、探索的に推定する方法がいくつか研究されている¹¹⁾¹²⁾。しかし今回は完全に秘匿されたセル情報の推計に相当し、問題はより複雑である。

本研究で地域と属性のクロス集計情報を推定する手法の特徴は、「家計調査」を用いたエネルギー研究者がこれまであまり注目しなかったエネルギーと直接関係しない、周辺情報に着目することにある。実はこの周辺情報には、地域別、属性別光熱費を類推する上で、重要な指標が散見する。例えば、単純集計されている特定地域の一世帯あたり光熱費や世帯員1人あたり光熱費情報を解とする値の組み合わせは無数に存在し、これらの情報のみでは、目的とするクロス集計表の解の組み合わせを絞り込むことは事実上不可能であるが、その地域の1世帯平均世帯員数情報や、特定の解は整数でなければならないなどの情報があれば、それらの情報を用いて解の候補群を絞り込む事が可能になる。今回の研究では、同一標本に対する異なる集計結果に対して、このような方法で絞り込んだ最も合理的に説明すると思われる解(ここでは地域と世帯属性のクロス集計値)を推定するが、その時、

¹ 最尤値: 尤度とは、ある確率論的モデルを仮定しているときに、その観測データ群が得られる確率(あるいは確率密度)を表す尺度で、最尤値とはこの尤度を手持ちの観測データ群のもとで、最大化するようなパラメータ値群の事

符号制約や「パラメータの漸進的变化」の仮定をおく事と、遺伝的アルゴリズム（以下 “GA法”）を用いる事で効率的に解を探索している。図 1-1 にその作業フローを、図 1-2 に “GA法” の標準的なアルゴリズムを記す。

GA法は、解法が存在しない問題に対して近似的に最適解を求めるための手法で、生物の世界にある遺伝の法則をまねて作られている。典型的な使用例には、巡回セールスマン問題がある。この問題は「あるセールスマンが幾つかの都市を一度ずつ訪問して出発点に戻ってくるときに、移動距離が最短になる経路を求める」ものであるが、厳密解を求める方法は未だ確立されておらず、近似解を求める方法が一般的である。

GA法では解を遺伝子の形で表現し、複数の解を遺伝的に変化させながらより良い解を探索する。初期集団として解の集団は最初にランダムに作り出され、個体群の全ての個体（解）について適合度を求め、この適合度に基づき次の世代に残す個体を選択し、その個体間の交差、交差時の突然変異を繰り返すことで最適解に漸近してゆく¹³⁾。今回の様に、分割表そのものが存在せず、全てのセル値が不明な場合は、複雑な巡回セールスマン問題として総当たり方式による解の探索が考えられるが、いくつかの制約条件を与えGA法を用いることで、総当たり方式をとらずに解を効率的に探索できる。そのときの判断材料として、GA法ではこの尤度 (LE) 等を探索のよりどころとする。確率が「事象の確率」を示すのに対し、尤度は「観察データ下での仮説の統計学的もっともらしさ」を示している。ここで観察データとは、「家計調査」である。

GA法をはじめとする探索的手法の問題点は、解候補のLEの極小解集合が、解の組み合わせ空間に無数存在することである。GA法をはじめとする計算統計学的手法の多くは、解探索の過程でこの極小解の集合に落ち込むとLE値のみをよりどころとするシンプルな探索アルゴリズムでは、そこからはい出す事が困難となり、真値の探索に膨大な時間を要する。森等¹⁴⁾は家計消費世帯主年齢階級データの世帯構成員年齢層の分割表作成において、この問題の解決に「パラメータの漸進的变化」の仮定と、ウエイト付け誤差項二乗和を用いた。本研究も、これに習いMLE解集合の推定に「パラメータの漸進的变化」による統計的モデリングの手法を用いる。この手法は従来の統計的モデリングが、データ y を推測する際、確率モデル $P(y|x)$ を考え、パラメータ $x = \{x_i\}$ の独立な要素をなるべく少なくすることを考えるのに対し、 x に類似する情報 x' についての事前の知識を事前分布 $P(x'|y)$ で表現し、ベイズの公式（ベイズの定理）によって求めた事後分布 $P(x|y) = P(y|x')P(x'|y)$ をよりどころとして推論を行うところにある。 x' は、類似情報事前知識の内容やその信頼度をあらわすパラメータで、ハイパーパラメータ（超パラメータ）である。情報が不十分で多義的な解釈が可能なときに x をどうするかを、事前分布 $P(x'|y)$ で表現することで、多数のパラメータについての安定した推論を可能にする。

図 1-1 推定作業フロー

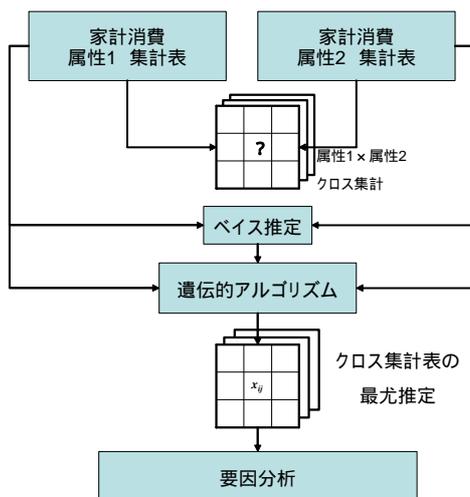
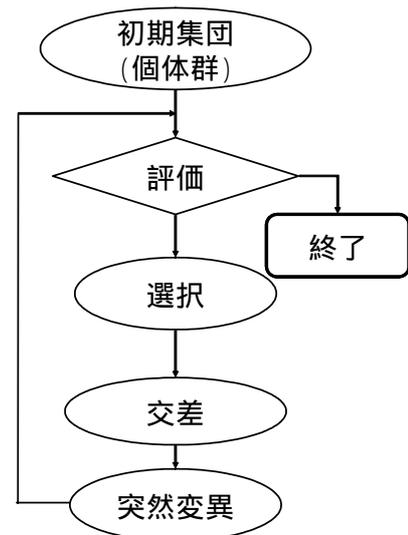


図 1-2 遺伝的アルゴリズム (GA法) の作業フロー



1-1-2 最尤推定

GA 法は、多様な解候補群について尤度を求め、その仮定で最尤推定値 (MLE) を求める手法である。MLE の求め方には二つあり、一つは解析的に求める方法で、尤度がパラメータの関数であることを利用して、パラメータで微分することで極値を求める方法、もう一つは数値的に求める方法で、EM アルゴリズム や Newton 法 など、反復法によって局所最適解を求めるアルゴリズムがある。今回用いる遺伝的アルゴリズムも、解を数値的に求める手法の一種で

$$Likelihood(a,b,\dots,n) = \sum \log p(A|a,b,\dots,n)$$

として $\max Likelihood$ (最尤値) を求めている。

ここで $Likelihood$: 対数尤度, A : 公開統計データ行列, a,b,\dots : 推定値行列, p : 誤差分布であり, p はガウス分布である。このとき A 行列としては、地域調整を施す前の集計値を用いる。この値には、地域別平均燃料別支出額、世帯員数、年収、1 人当たり光熱費支出額、全国の属性別平均燃料別支出額、1 人当たり光熱費支出額、地域別・属性別世帯員数等がある。

2. 地域別属性別エネルギー消費原単位の推計

本章では「家計調査」の地域別属性別エネルギー消費原単位の推計結果を示す。なお推定に際し、電力の熱量換算は 2 次エネルギー換算とする。

2-1 世帯員数別

地域別世帯員数別エネルギー消費原単位の推定結果を表 2-1 に示す。沖縄県は 1973 年から家計調査に加わったため、1980 年のデータからこの表に含まれる。

北海道では、ほぼ全ての暦年の各世帯員数区分において、エネルギー消費原単位が 10 地域中最大であるが、経年でみると、他地域との差が縮まる傾向にある。それは 1970 年以降、北海道 3 人以上世帯のエネルギー消費原単位が、ほとんど変化していないのに対し、その他地域では全ての世帯員数で増加傾向にあるためである。(ただし 2000 年は地域によっては猛暑、厳冬傾向を示し、全国的に原単位の増加が確認されている¹⁵⁾)。特に 2004 年は、東北の 5 人以上の世帯が、北海道の原単位を上回り、1990 年には北陸の 5 人世帯が、北海道の原単位を上回るなど、北海道と、東北、北陸のエネルギー消費の差が年々縮まり、気候条件等によってはその順位が逆転する場合もある。

北海道の世帯員数別平均エネルギー消費原単位は、1970 年以降ほとんど変化がないと述べたが、同地域の 2 人世帯は唯一エネルギー消費原単位が、経年で上昇し続けている。1970 年から 2004 年までの 2 人世帯のエネルギー消費原単位は、北海道、東北、北陸の順に大きく、沖縄が最も小さい(ただし沖縄は 1980 年から比較)。これは各地域の住宅全般の傾向^{9),10)}と同様である。

2 人世帯を基準に考えると、世帯員数の増加とエネルギー消費の地域差は一部の地域を除き、2004 年現在では消失したと言える。各地の 2 人世帯のエネルギー消費を、その地域の普通世帯のベースエネルギー消費と考え、世帯員数 3 人以上の 2 人世帯のエネルギー消費原単位を差し引いたエネルギー消費量を関東と北海道を例に、図 2-1 に示す。

世帯員数の増加とともにエネルギー消費原単位も増加するが、1970 年の北海道は、世帯員数増加に伴うエネルギー消費増加量は関東に比べ約 3 倍と大きく、1980 年にはその差が縮まっている(図 2-1 左)。その後 1990 年、2004 年を見ると(図 2-1 右)両地域の差はほとんど見られなくなる。なお 1970 年北海道の世帯員数増に対応したエネルギー消費量の増加が単調ではないのは、北海道の世帯総数が 300 前後と少なく解が不安定なためと考えられる。

表2-1 世帯員数別年間エネルギー消費原単位

単位：Mcal/世帯・年

1970年	2人	3人	4人	5人	6人以上
北海道	11,096	16,922	16,816	22,739	21,759
東北	8,780	10,698	11,494	11,616	14,754
関東	6,447	7,224	7,954	9,031	9,960
東海	7,095	8,271	8,076	10,436	11,703
北陸	6,155	7,637	8,356	9,375	9,616
近畿	5,393	6,472	7,496	8,932	8,756
中国	7,057	7,796	8,398	10,178	9,887
四国	5,232	6,829	6,852	7,247	7,696
九州	5,500	6,230	7,789	8,960	9,217

沖縄は調査対象外地域

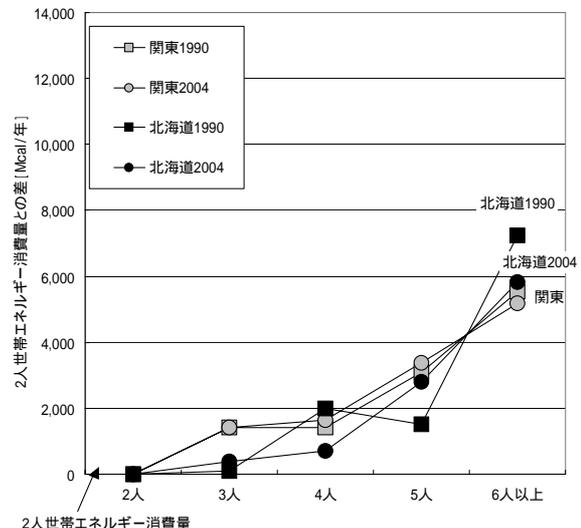
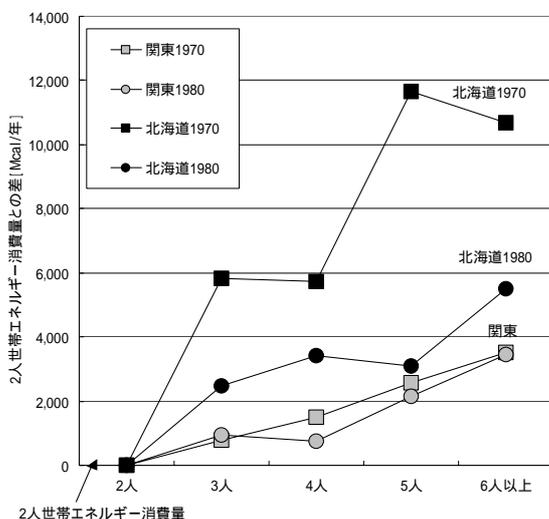
1980年	2人	3人	4人	5人	6人以上
北海道	12,032	14,498	15,456	15,131	17,546
東北	8,885	10,252	10,912	11,802	13,140
関東	6,692	7,650	7,433	8,844	10,147
東海	6,410	6,778	7,170	7,912	10,216
北陸	7,908	8,554	9,434	10,072	11,813
近畿	6,124	6,990	7,644	7,966	9,582
中国	5,959	7,077	7,715	8,165	10,530
四国	5,936	6,273	7,130	8,196	8,468
九州	5,567	6,667	7,334	7,898	8,632
沖縄	4,806	4,877	5,249	6,042	7,299

1990年	2人	3人	4人	5人	6人以上
北海道	14,720	14,814	16,700	16,224	21,956
東北	10,140	11,791	12,272	13,552	15,842
関東	8,349	9,764	9,757	11,431	13,887
東海	7,097	8,191	10,288	10,760	12,626
北陸	10,850	12,899	12,254	16,773	17,840
近畿	7,408	8,400	9,559	10,777	12,064
中国	7,565	9,171	9,102	10,789	11,889
四国	6,714	7,772	8,969	9,391	11,089
九州	6,415	7,861	8,401	8,353	10,697
沖縄	5,408	7,156	7,170	7,817	8,673

2000年	2人	3人	4人	5人	6人以上
北海道	17,196	16,756	18,848	18,729	24,216
東北	13,068	15,459	15,328	15,189	22,044
関東	9,592	10,854	11,879	13,574	15,240
東海	9,173	10,858	10,882	12,185	15,240
北陸	12,258	14,842	15,653	16,791	20,060
近畿	8,714	10,939	11,796	14,131	16,840
中国	8,465	10,627	11,104	13,016	14,462
四国	9,133	9,508	10,753	12,423	14,335
九州	7,772	9,542	10,020	10,631	13,337
沖縄	6,198	7,112	7,407	8,420	9,051

2004年	2人	3人	4人	5人	6人以上
北海道	15,053	15,455	15,761	17,839	20,889
東北	13,550	13,800	15,541	18,544	22,393
関東	8,424	9,845	10,057	11,810	13,602
東海	8,998	10,194	11,094	12,331	15,587
北陸	11,481	12,209	13,849	15,397	18,847
近畿	7,897	8,950	9,676	11,238	13,162
中国	9,086	9,982	10,768	11,854	14,003
四国	9,113	9,907	10,098	11,413	14,022
九州	7,988	9,167	9,539	10,668	13,291
沖縄	6,541	6,832	7,624	8,799	9,451

図2-1 世帯員数とエネルギー消費原単位(2人世帯基準)



2人世帯をベースエネルギー消費量と考え、世帯員数が1人増加した時のエネルギー消費平均増加量の地域別値を表3-2に示す。1970年段階では、北海道は1人増加で2Gcal増加しており関東の0.66Gcalの約3倍、四国の0.45Gcalの4倍以上となっていたが、1980年以降は1~1.3Gcalに半減している。逆に他地域は世帯員数増加に伴うエネルギー消費が1970年以降増加し、2004年現在1Gcal前後に安定している。中でも東北や北陸では、世帯員数1人増加当たりの原単位では、1990年北海道と肩を並べ2000年には、追い越し、2004年現在で見ると、北海道の約1.5倍にまで増え、他地域との差が顕在化し始めている。また別の言い方をすると、北海道の世帯員数1人増加当たりのエネルギー消費量が、関東以西の温暖な地域並みに低下したともいえる。

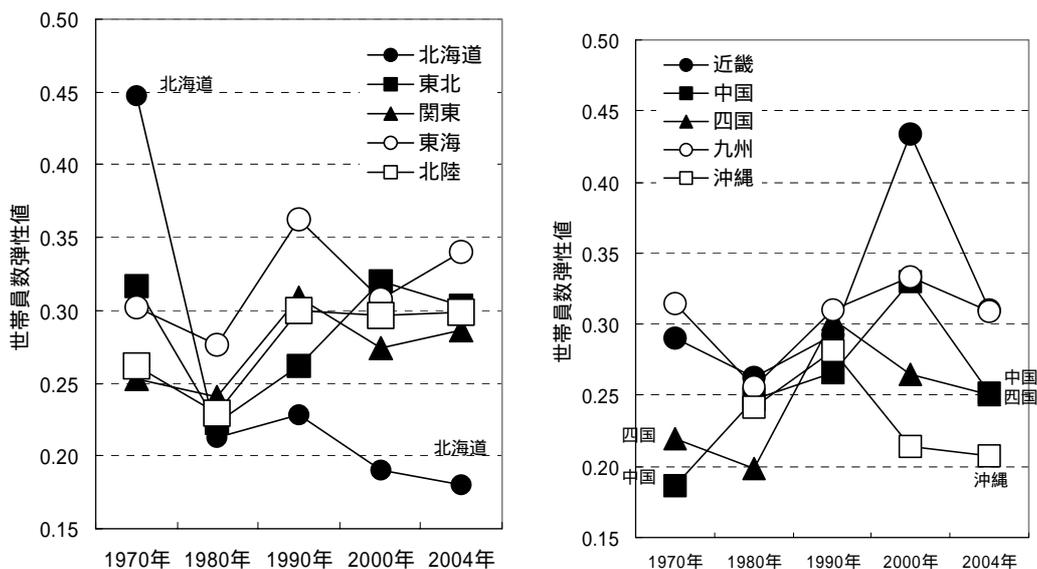
表2-2 世帯員数1人増加当たりエネルギー消費の変化量

	家族3人目からのエネルギー消費増加量					単位: Mcal/年・人
	北海道	東北	関東	東海	北陸	
1970年	2,008	1,125	661	868	652	
1980年	1,038	801	651	717	736	
1990年	1,363	1,074	1,043	1,041	1,316	
2000年	1,322	1,690	1,064	1,142	1,469	
2004年	1,099	1,665	975	1,241	1,387	

	近畿	中国	四国	九州	沖縄
	1970年	633	868	464	700
1980年	651	717	477	577	469
1990年	877	1,041	824	807	615
2000年	1,530	1,142	980	1,048	537
2004年	992	1,241	925	999	548

図2-2に、エネルギー消費原単位の世帯員数弾性値地域別推移を示す。世帯員数弾性値は北海道では1970年に0.45と全国最大値を示すが、1980年以降は0.2前後に低下し、それ以降全国最低値となっている。沖縄も北海道同様2000年以降小さい弾性値を示す。その他地域は0.25~0.3である。ただ10地域を世帯員数毎に細分しているため、標本数が少ない地域では、経年弾性値の推移が不安定である。

図2-2 エネルギー消費原単位の世帯員数弾性値



2-2 年間所得別五分位別

本節では、全国調査対象世帯を5等分した所得五分位階級別にエネルギー消費原単位を推定し、その結果を表2-3に示す。(1970年は所得五分位の光熱費集計値がないので記していない。以下同様)

年収の増加に伴い、各地のエネルギー消費原単位は増加するが、北海道はほとんど全ての場合においてエネルギー消費原単位が10地域中最大となる。しかし年収別の北海道と他地域との原単位差は年々縮まる傾向にある。これは北海道の所得分位別エネルギー消費原単位が1980年以降ほとんど変化していないのに対し、他地域は年々各分位のエネルギー消費原単位が上昇し続けているからである(ただし2000年の原単位は、ほとんどの地域で示した4年のデータ中最大であるが、これは厳冬の影響と考えられる)。特に2004年の東北の所得分位は、北海道の分位を上回る原単位となるなど、北海道と東北、北陸のエネルギー消費の差が年々縮まるだけでなく、気候条件等によって大小関係が逆転する場合すら確認される。

表2-3 所得5分位別地域別エネルギー消費原単位

単位: Mcal/世帯・年

1980年	I					1990年	I				
北海道	11,420	14,627	14,153	15,566	18,219	北海道	13,434	13,797	16,959	17,047	18,354
東北	8,724	10,439	10,390	11,457	14,013	東北	10,614	12,871	10,377	12,501	13,961
関東	7,039	7,249	8,645	8,667	10,481	関東	7,902	8,741	10,068	11,265	11,972
東海	6,612	7,098	7,334	7,784	9,281	東海	7,627	8,795	9,868	9,881	10,656
北陸	8,204	8,741	10,156	9,110	11,332	北陸	11,578	11,721	13,063	13,681	15,164
近畿	5,948	7,498	7,189	7,844	9,407	近畿	6,792	8,004	9,183	9,831	11,808
中国	6,744	6,851	7,491	8,203	9,227	中国	8,120	8,622	8,915	8,741	11,052
四国	6,058	6,405	6,962	8,388	8,338	四国	6,330	7,091	7,401	9,106	11,769
九州	5,830	6,870	7,148	7,723	8,953	九州	6,727	6,856	7,698	8,364	9,860
沖縄	4,660	5,288	5,528	5,895	7,324	沖縄	6,328	6,758	7,132	6,463	8,505

2000年	I					2004年	I				
北海道	16,158	17,332	17,063	18,217	20,398	北海道	13,771	15,316	15,132	17,276	18,294
東北	13,106	14,238	14,653	15,568	16,922	東北	14,195	14,075	13,924	15,430	16,559
関東	9,232	10,418	10,702	11,501	13,798	関東	8,174	8,573	9,341	10,954	11,418
東海	8,739	9,787	10,774	10,963	13,529	東海	8,944	10,141	10,425	10,680	12,019
北陸	14,121	12,666	14,557	15,589	15,895	北陸	12,402	12,370	11,710	13,011	15,169
近畿	9,342	10,070	10,923	11,107	13,436	近畿	7,769	8,292	8,278	9,896	11,268
中国	8,753	9,478	10,206	11,514	11,995	中国	8,604	9,692	10,222	10,477	11,808
四国	8,733	9,299	9,272	10,933	12,569	四国	8,467	8,916	10,379	11,036	10,867
九州	7,740	8,381	9,277	10,090	10,995	九州	8,030	8,138	9,159	9,064	11,180
沖縄	6,243	5,989	7,119	7,475	8,626	沖縄	6,428	6,568	6,788	7,605	8,643

図2-3に所得の五分位区分のエネルギー消費原単位と所得分位との差分の例を示す。地域は北海道と関東である。北海道は、1980年は年収増に伴うエネルギー消費量が最大で、分位世帯のエネルギー消費原単位は、分位よりも6800Mcal/年多い。これに対して関東では、差が3400Mcal/年と、その増加量は北海道の半分である。2004年になると、北海道の分位世帯のエネルギー消費原単位は、分位よりも4500Mcal/年増で、増加量が2/3に減少し、関東は3200Mcal/年増とほとんど変わらず、地域差が小さくなっている事がわかる。

図2-3 所得とエネルギー消費原単位（所得 分位基準）

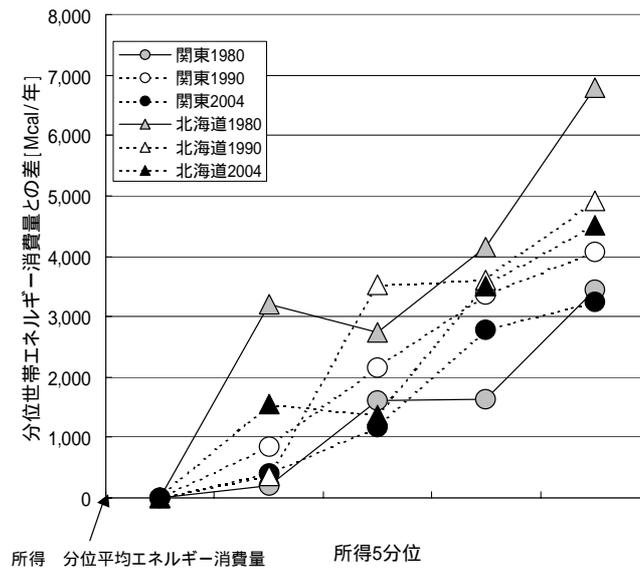
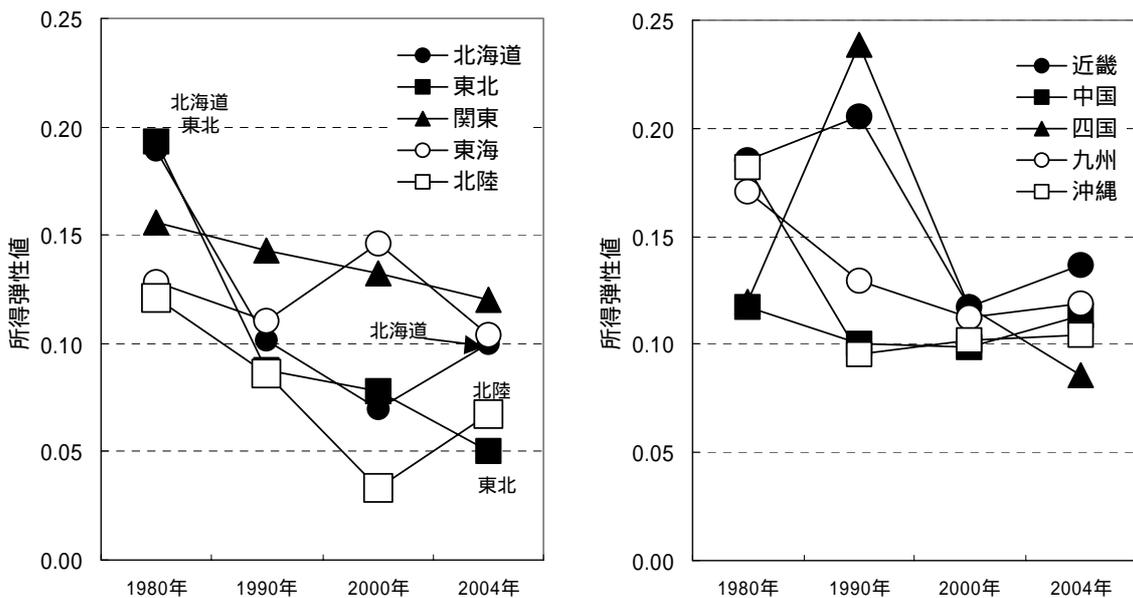


図2-4はエネルギー消費原単位の所得弾性値である（所得 分位基準）。1980年の所得弾性値は、0.17～0.19と大きな値を示す北海道、東北、近畿、九州、沖縄と、0.12～0.13と低い値を示すその他地域に2分される。しかしその後の推移を見ると、1980年大きな所得弾性値を示したグループは、その後は値を下げ続け、また小さな値を示したグループはわずかに下げ、2004年段階では、8地域が0.1～0.13の中に入る。一方東北は1980年0.19から2004年0.05へと0.14ポイントその値を下げ、10地域中最低の弾性値となる。北陸も下げ幅は小さいが2004年の弾性値は0.07と東北に次いで2番目に小さな値で、年収とエネルギー消費との相関性が最も低いことがわかる。関東は1980年から2004年にかけて、0.16から0.12とほぼ直線的に減少している。これはサンプル数が最大で解が最も安定しているためと考えられる。なお所得弾性値の経年の振れ幅が大きい北陸、四国はサンプル数が少ないことが原因の一つと考えられる。

図2-4 エネルギー消費原単位の所得弾性値



2-3 世帯主年齢別

本節では、世帯主年齢別エネルギー消費原単位を推定し、その結果を表2-4に示す。世帯主年齢別でエネルギー消費原単位が最も大きいのは、世帯主が40才代～60才代の世帯で、39才以下、65才以上(2000年、2004年は70才以上)の世帯のエネルギー消費原単位は少ない。ただし、40才代～60才代は世帯員数も最も多い年代とも考えられるので、エネルギー消費原単位の大きさのみではなく、世帯主年齢や年収情報なども含め総合的に評価する必要がある。

各年の「家計調査」対象世帯の世帯主年齢別世帯員数は、1970年は40代が最も多く4.2人前後である。このとき30代未満、50才～64才も4人前後でほとんど変化がなく、65才以上でも3.4人～3.7人とその差は0.5人程度と小さい。しかしその後1世帯当たりの世帯員数は減少傾向にあり、1990年代は、40代で3.9人～4.5人、60才以上で3人以下とその差は1.5人以上である。その後も1世帯当たりの世帯員数は低下し続け、2004年40代の世帯員数3.7人～4.1人、30代以下は3.3人～3.7人となる。このとき60代の平均世帯員数が2.5～2.8人、70代以上が2.5人以下である。この様に世帯員数の経年低下が各年代で認められるが、特に高齢世帯の世帯員数の減少が大きい。

表2-4 世帯主年齢とエネルギー消費原単位

単位: Mcal/世帯・年

1970年	～39才	40代	50代	60-64才	65才以上
北海道	17,076	18,058	18,050	17,827	13,936
東北	10,537	12,284	11,443	11,483	11,747
関東	7,031	8,756	8,628	9,021	8,430
東海	8,061	9,853	9,115	8,638	9,081
北陸	7,612	8,822	8,472	8,112	8,843
近畿	6,498	7,649	8,445	7,754	8,071
中国	7,575	9,134	9,315	8,486	8,279
四国	6,437	6,818	7,063	6,854	6,297
九州	6,824	7,834	8,167	7,477	7,539
沖縄は調査対象外地域					
1990年	～39才	40代	50代	60-64才	65才以上
北海道	13,768	16,841	17,135	14,989	14,807
東北	9,847	12,671	13,572	12,723	11,622
関東	8,740	10,459	11,001	9,806	9,344
東海	8,390	9,370	9,656	10,737	9,274
北陸	11,335	11,522	15,913	14,343	13,152
近畿	7,870	9,975	9,543	9,389	7,909
中国	7,502	10,079	9,770	9,523	8,233
四国	7,206	9,419	8,565	8,318	7,413
九州	6,883	8,556	8,765	7,218	7,264
沖縄	6,146	7,470	7,387	6,901	6,949
2000年	～39才	40代	50代	60代	70才以上
北海道	11,815	21,746	19,752	17,510	18,790
東北	10,978	15,402	16,378	16,083	15,357
関東	9,775	11,363	11,835	11,622	10,602
東海	8,860	11,336	11,816	11,006	10,008
北陸	11,059	15,860	16,252	14,326	15,830
近畿	9,066	11,624	11,998	11,150	10,641
中国	8,620	11,047	10,900	10,799	10,797
四国	8,489	11,373	11,014	9,558	9,613
九州	7,574	10,497	9,843	9,209	8,863
沖縄	5,794	7,815	7,981	7,080	6,436
2004年	～39才	40代	50代	60代	70才以上
北海道	11,041	15,600	18,957	17,047	15,919
東北	11,032	15,787	16,197	16,156	14,065
関東	8,215	9,944	11,127	9,480	9,196
東海	8,660	11,105	11,898	9,822	10,439
北陸	10,289	13,216	14,017	13,708	13,031
近畿	7,759	10,117	9,827	8,925	8,644
中国	8,514	9,889	11,629	10,277	10,236
四国	8,299	10,291	11,513	10,594	8,718
九州	7,720	9,904	9,902	9,104	8,676
沖縄	5,517	7,719	7,922	7,786	6,722

世帯員数の減少速度が、世帯主年代によって異なることで、近年 1 人当たりのエネルギー消費原単位も高齢世帯ほど大きくなる傾向が見られる。表 2-5 に世帯 1 人当たりエネルギー消費原単位の推定値を示す。

1 人当たり原単位では、北海道、東北の一時期を除き、むしろ世帯主年齢の上昇とともに、原単位が上昇している。これは高齢世帯の世帯員数減が主な原因と考えられるが、高齢化による影響も加わっている可能性も否定できず、今後より詳細な要因分析が必要な点である。

表 2-5 世帯主年齢別 1 人当エネルギー消費原単位

単位 : Mcal/人・年

1970年	~ 39才	40代	50代	60-64才	65才以上
北海道	4,490	4,419	4,735	4,714	3,906
東北	2,680	2,909	2,904	2,938	3,185
関東	1,771	2,053	2,168	2,285	2,263
東海	2,040	2,321	2,302	2,199	2,450
北陸	1,884	2,033	2,093	2,020	2,334
近畿	1,665	1,825	2,160	1,999	2,205
中国	2,028	2,277	2,489	2,285	2,363
四国	1,756	1,731	1,922	1,880	1,831
九州	1,776	1,898	2,121	1,957	2,091

沖縄は調査対象外地域

1980年	~ 39才	40代	50代	60-64才	65才以上
北海道	3,490	4,270	4,691	5,641	4,324
東北	2,394	2,767	3,252	3,842	3,103
関東	1,795	1,883	2,409	2,464	2,603
東海	1,734	1,822	2,192	2,522	2,353
北陸	2,048	2,283	2,760	2,752	2,851
近畿	1,774	1,996	2,224	2,399	2,143
中国	1,665	1,954	2,330	2,543	2,418
四国	1,596	1,787	2,235	2,238	2,442
九州	1,721	1,694	2,385	2,273	2,196
沖縄	1,015	1,251	1,534	1,614	1,402

1990年	~ 39才	40代	50代	60-64才	65才以上
北海道	3,930	4,406	5,413	5,682	5,903
東北	2,568	3,029	3,918	4,408	4,234
関東	2,286	2,507	3,185	3,407	3,414
東海	2,095	2,145	2,669	3,562	3,235
北陸	2,808	2,617	4,364	4,720	4,551
近畿	2,105	2,446	2,826	3,336	2,955
中国	2,054	2,529	2,960	3,463	3,148
四国	2,008	2,405	2,642	3,079	2,885
九州	1,868	2,128	2,633	2,602	2,754
沖縄	1,503	1,674	1,999	2,242	2,374

2000年	~ 39才	40代	50代	60代	70才以上
北海道	3,691	5,913	6,396	7,088	8,529
東北	3,079	3,760	4,762	5,846	6,259
関東	2,827	2,860	3,548	4,355	4,455
東海	2,470	2,751	3,415	3,976	4,055
北陸	3,029	3,781	4,615	5,085	6,301
近畿	2,606	2,908	3,575	4,152	4,444
中国	2,493	2,780	3,268	4,047	4,537
四国	2,617	3,051	3,520	3,818	4,306
九州	2,204	2,658	2,969	3,472	3,747
沖縄	1,630	1,914	2,328	2,581	2,631

2004年	~ 39才	40代	50代	60代	70才以上
北海道	3,374	4,256	6,103	6,871	7,141
東北	3,110	3,972	4,810	6,006	5,820
関東	2,360	2,550	3,367	3,591	3,877
東海	2,361	2,702	3,416	3,531	4,177
北陸	2,821	3,235	4,049	4,957	5,245
近畿	2,201	2,562	2,936	3,339	3,599
中国	2,407	2,496	3,464	3,833	4,248
四国	2,478	2,743	3,621	4,172	3,821
九州	2,197	2,515	2,968	3,416	3,623
沖縄	1,527	1,907	2,309	2,841	2,730

2-4-1 地域別世帯類型別原単位

次に「家計調査」で用いられている世帯類型を 5 分類に再編し、その類型別原単位を示す。ただし世帯類型区分は、不定期に見直しが行われるので、全ての年で比較可能な 5 分類には世帯分け出来ない。今回の分類方法では、1980 年以降 2004 年まで連続して評価出来るのは「勤労者以外」、「両親、子供夫婦、未婚子供」、「片親と未婚の子供」世帯の 3 類型である。

表 2-6 に地域別世帯類型別エネルギー消費原単位を示す。ここでも北海道の暦年の世帯類型別エネルギー消費原単位は、ほとんどの場合 10 地域中最大であるが、その地域差は年々縮まる傾向にある。それは、1980 年以降北海道各世帯類型のエネルギー消費原単位が、あまり変化していないのに対し、他地域は 2000 年まで増加傾向にあるためである。特に「片親と未婚の子供」世帯については 1990 年に北陸が 11.3Gcal/年と北海道は 10.4Gcal/年よりも 0.9Gcal/年大きくこの頃から、同類型の北海道、東北、北陸の原単位は類似した値を示すようになる。ここでも全般的に北海道の原単位経年変化が小さいのに対し、他地域は、経年でエネルギー消費が増加し、北海道に近づきつつあることがわかる。

図 2-5 に、「両親、子供夫婦、未婚の子供」と「片親と未婚の子供」世帯のエネルギー消費原単位の経年比較を示す。「両親、子供夫婦、未婚の子供」世帯のエネルギー消費原単位は、北海道、東北、北陸の順に多く、沖縄が最も少ない。一方「片親と未婚の子供」からなる世帯はエネルギー消費原単位の地域差が最も少なく、北海道は、2 人世帯のエネルギー消費原単位（表 2-1）と「片親と未婚の子供」世帯の原単位との差が最大の地域となっている。

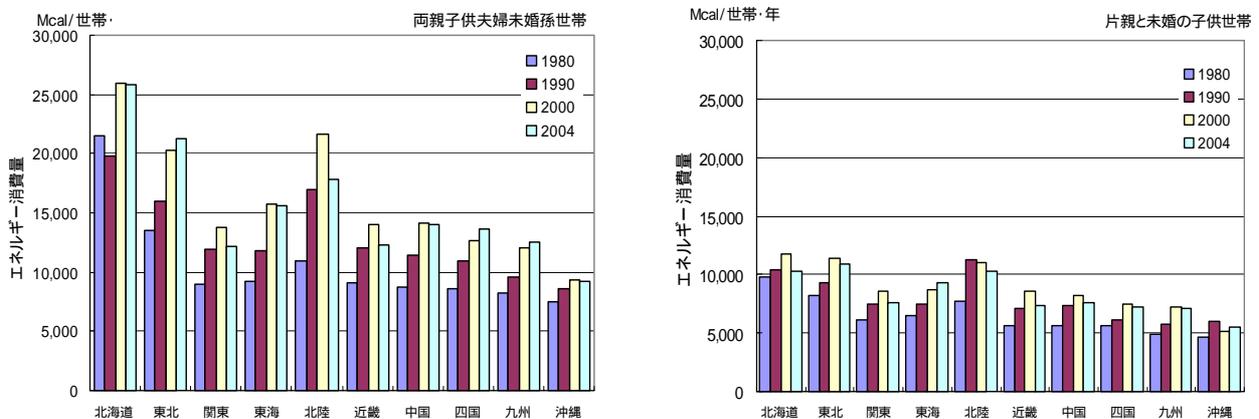
表 2-6 世帯類型別エネルギー消費原単位

単位：Mcal/世帯・年

1980年	勤労者以外	両親、子供夫婦、未婚孫	片親と未婚の子供	夫婦のみ又は夫婦と未婚子	夫婦のみ又は夫婦と未婚子と他親族	1990年	勤労者以外	両親、子供夫婦、未婚孫	片親と未婚の子供	夫婦のみ又は夫婦と未婚子	夫婦のみ又は夫婦と未婚子と他親族
北海道	14,556	21,516	9,791	13,620	17,698	北海道	15,267	19,843	10,406	16,017	18,503
東北	10,446	13,552	8,151	10,443	13,076	東北	12,054	16,003	9,318	11,571	12,197
関東	8,492	8,979	6,098	7,280	10,718	関東	10,092	11,891	7,461	9,607	10,926
東海	8,086	9,220	6,457	6,603	10,432	東海	10,121	11,827	7,493	8,330	11,716
北陸	9,654	10,938	7,683	8,763	11,782	北陸	12,473	17,025	11,280	12,821	16,426
近畿	7,911	9,095	5,680	6,831	9,680	近畿	9,121	12,101	7,075	8,487	10,239
中国	8,053	8,694	5,675	7,004	9,679	中国	8,804	11,475	7,363	8,916	9,940
四国	7,451	8,588	5,626	6,377	8,986	四国	9,439	11,004	6,082	7,060	9,498
九州	7,382	8,271	4,907	6,646	8,773	九州	8,456	9,598	5,730	7,249	8,596
沖縄	6,127	7,466	4,621	4,653	8,605	沖縄	7,364	8,643	6,061	6,296	7,770

2000年	勤労者以外	夫婦のみ	両親、子供夫婦、未婚孫	片親と未婚の子供	夫婦と子供その他	2004年	勤労者以外	夫婦のみ	両親、子供夫婦、未婚孫	片親と未婚の子供	夫婦と子供その他
北海道	18,952	14,169	25,891	11,710	16,911	北海道	16,809	13,231	25,773	10,308	14,728
東北	14,170	13,184	20,272	11,345	15,640	東北	15,590	12,386	21,255	10,906	14,349
関東	11,413	8,729	13,826	8,582	11,239	関東	9,507	8,498	12,135	7,611	10,030
東海	10,579	8,469	15,718	8,715	10,672	東海	10,921	9,775	15,590	9,319	9,212
北陸	15,164	11,332	21,655	11,053	14,178	北陸	13,889	10,995	17,816	10,242	11,999
近畿	11,285	8,868	14,072	8,610	10,799	近畿	9,104	7,949	12,234	7,317	9,114
中国	11,116	7,973	14,095	8,201	10,203	中国	9,680	9,210	13,964	7,648	10,560
四国	10,439	7,173	12,707	7,520	10,473	四国	10,294	8,760	13,703	7,170	9,477
九州	9,275	7,289	12,029	7,248	9,584	九州	9,358	7,913	12,510	7,103	8,869
沖縄	7,405	5,918	9,376	5,121	6,788	沖縄	7,614	5,641	9,236	5,455	6,930

図 2-5 世帯類型とエネルギー消費原単位の経年比較



2-4-1 世帯類型と世帯員数の関係

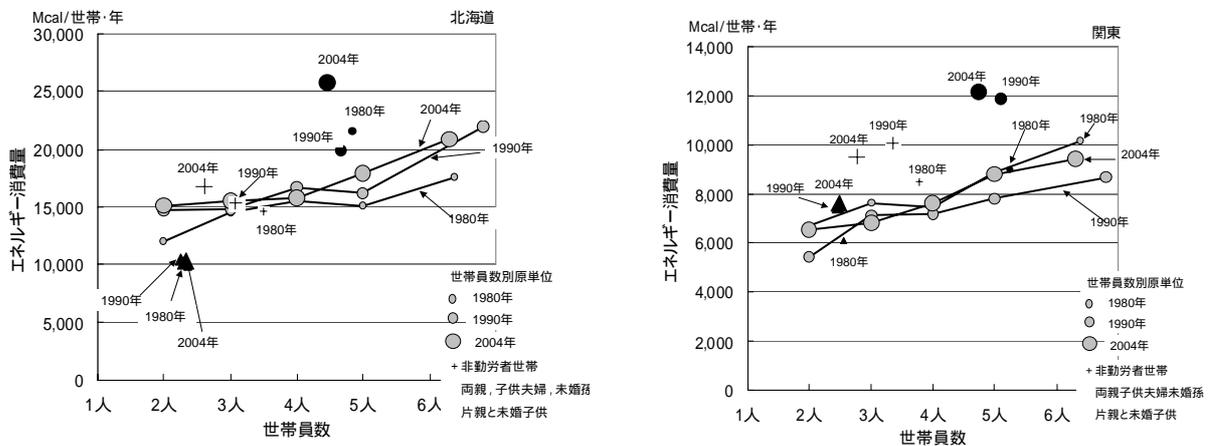
図 2-6 に、世帯人員別原単位と、世帯類型別エネルギー消費原単位の関係を示す。世帯類型別値は、平均世帯員数を横軸にしている。

「片親と未婚の子供」世帯の世帯員数は、北海道では約 2.3 人、関東は約 2.5 人であるが、そのエネルギー消費原単位は、北海道、関東ともに、25 年間ほとんど変化がない。

北海道は、「片親と未婚の子供」世帯の原単位は 1980 年～2004 年は 10,000Mcal/年と安定しており、表 2-1 の世帯員数から推定されるエネルギー消費原単位よりも 2000～5000Mcal/年少ない。これに対して 3 世代が同居する「両親・子供夫婦・未婚孫」世帯は、世帯員数から推定される消費原単位よりも 3000～8000Mcal/年多い。また非勤労者世帯では世帯員数からの推定値とほぼ一致した原単位を示す。

一方関東地域では「片親と未婚の子供」世帯の原単位は 1980 年～2004 年ともに、世帯員数の推定値とほぼ一致している。一方「両親・子供夫婦・未婚孫」世帯は、世帯員数から推定される消費原単位と比較すると 1980 年は差が見られないが、1990 年は約 4000Mcal/年多く、2004 年は約 3000Mcal 多い。また非勤労者世帯は世帯員数からの推定値と比較すると、1980 年は約 1000Mcal/年、1990 年、2004 年は約 3000Mcal/年多い。

図 2-6 世帯員数別エネルギー消費原単位と世帯類型の関係



3. エネルギー構成の推計

本章では、住宅のエネルギー消費を、電気、ガス（都市ガスとLPG合計）、灯油他に分け、その消費傾向を地域別に分類するとともに、年収とエネルギー構成の関係について検討する。

3-1 地域別エネルギー構成

4人世帯を例に、図 3-1 に 1970 年と 2004 年の 10 地域の 3 エネルギー熱量構成を示す。これにより地域を使用エネルギーによりグループ化できる。

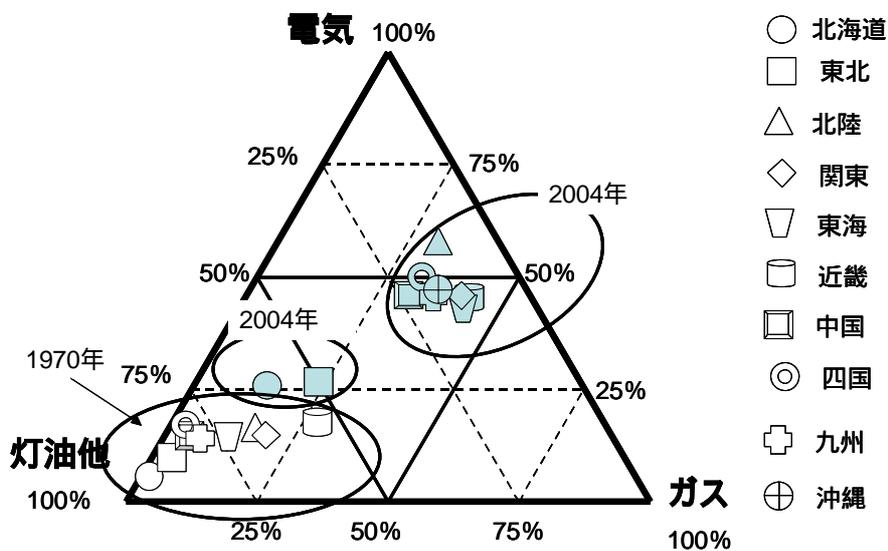
1970 年の 10 地域のエネルギー構成を見ると、灯油割合 90%以上の北海道から、60%以下の近畿まで幅広く、かつ連続的に分布し、明瞭な地域境界が存在しないが、投影された 10 地域は横長の楕円状の範囲に分布しており、地域性が出現しはじめていることを示しており、敢えて分類を行うと、関東、近畿、東海とガスの産出地を有する北陸の 4 地域とその他 6 地域に 2 分できる。1970 年の電気割合に着目すると、関東以西は 15%前後、東北では 10%、北海道では 6%と小さい。一方ガス割合は、最も大きいのが近畿の 28%、関東の 19%と続き、次いで天然ガスの産出地を有する北陸の 17%、東海の 12%であった。その他の地域はガス割合が 10%以下で、北海道は最低の 2%である。灯油割合は、北海道が 93%、東北が 86%、中国、四国、九州が約 80%で上位 5 地域となっているが、その他の地域も全て 55%以上である。

2004 年になると、3 エネルギーの熱量構成による地域差が明瞭になり、2 つにグループ分けが可能となる。1 つ目のグループは、灯油割合 50%を超える北海道・東北で、もう 1 つは、灯油割合 25%以下のその他 8 地域で

ある。2004 年段階、全ての地域で電気割合が増加しているが、1970 年段階の電氣化の進行速度を反映して、両グループの差が広まったと考えられる。結果として関東以西は、全て電力割合が 1970 年よりも 25 ポイントまたはそれ以上増加している。関東以西は全て 40%以上で、特に四国は 33 ポイント（17%から 50%）増加する。電氣割合変化幅の小さかった北海道、東北も、北海道で 6%から 26%と 4 倍強、東北で 10%から 27%と約 3 倍の増加率となっている。沖縄は統計データのある 1980 年が 42%で、2004 年が 58%なので 16 ポイントの増加である。一方ガスも電氣同様、熱量割合が増加しており、2004 年現在、最大は東海の 43%、近畿の 42%、関東の 41%でその使用量は電氣とほぼ拮抗する。次いで天然ガスの産出地を有する北陸は 30%と、1970 年と比較して順位が逆転し、四国が 32%、九州が 36%となっている。灯油割合は、北海道が 60%、東北が 50%とともに、順位は同じであるが、共に割合が 30 ポイント以上低下している。

このように、住宅のエネルギー需要が、確実に、電氣、ガスにシフトしている傾向が認められる。

図 3-1 4 人世帯の最終エネルギー構成の変遷



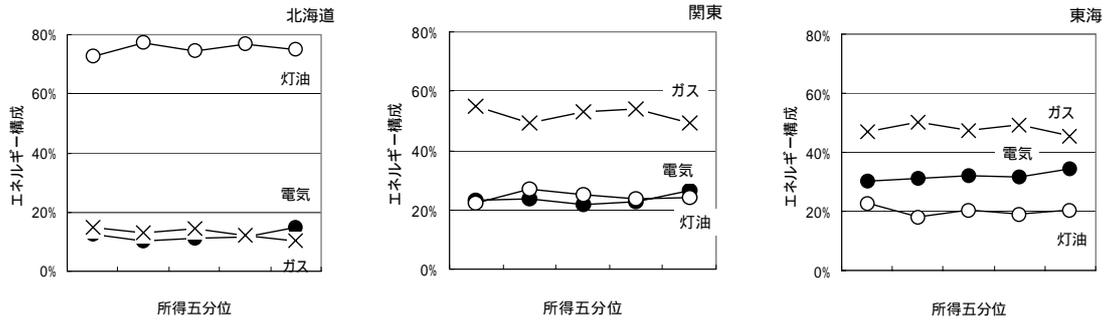
3-2 年間所得五分位とエネルギー構成

本節では、所得五分位とエネルギー源構成の比率の関係について記す。最初に 1980 年と、2004 年の北海道と関東、東海の 3 地域を例に図 3-2 に示す。10 地域の 1980 年と 2004 年の年間所得 5 分位とエネルギーの熱量構成の実績値を表 3-1 に示す。1980 年において、所得と、エネルギー構成比率に正の相関性がみられるのは、東海地方の電氣で、北海道のガス比率とは弱い負の相関が認められる。一方 2004 年になると、所得と電氣比率の正の相関は北海道を除く 9 地域で見られる。北海道も ~ 分位までは、ほとんど相関性は確認出来ないものの、分位になると、電氣割合が 分位よりも 5%以上上昇する。2004 年において、 分位から 分位との、電氣比率の差が最も大きいのは中国、近畿、東海の 7~8%である。灯油比率は所得と弱い負の相関が認められるが、ガス比率と所得の相関性は低い。

この様に近年エネルギー需要における電氣の割合が全国的に増加傾向にあり、特に高額所得世帯の電氣依存の傾向が高まってきているものと考えられる。

図3-2 所得とエネルギー構成の地域性

[1980年]



[2004年]

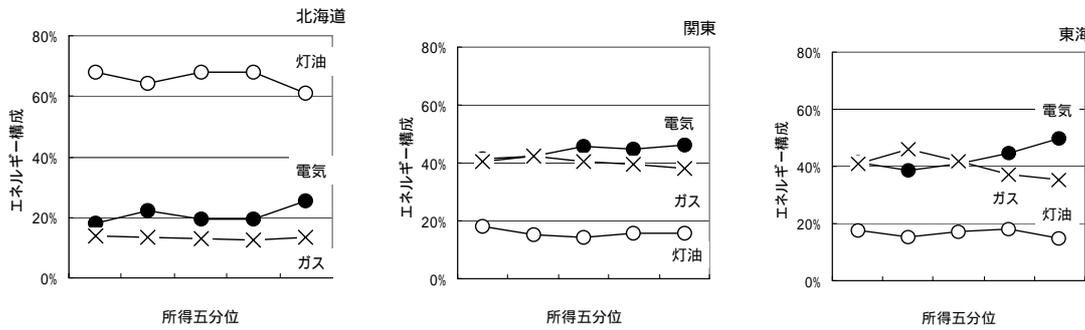


表3-1 地域別所得別エネルギー構成割合

1980年						
北海道	電気	12.3%	10.0%	11.2%	11.3%	14.9%
	ガス	14.9%	12.9%	14.2%	11.9%	10.4%
	灯油	72.8%	77.1%	74.6%	76.8%	74.7%
東北	電気	21.1%	16.5%	21.8%	21.6%	22.2%
	ガス	29.7%	33.3%	26.1%	29.0%	31.3%
	灯油	49.2%	50.1%	52.1%	49.4%	46.6%
北陸	電気	22.6%	22.3%	21.2%	26.5%	27.8%
	ガス	47.7%	45.9%	50.4%	42.1%	41.6%
	灯油	29.7%	31.8%	28.4%	31.4%	30.6%
関東	電気	23.1%	23.6%	22.0%	22.7%	26.5%
	ガス	54.8%	49.4%	52.9%	53.7%	49.3%
	灯油	22.1%	26.9%	25.1%	23.5%	24.2%
東海	電気	30.2%	31.3%	32.1%	31.8%	34.3%
	ガス	46.9%	50.4%	47.6%	49.1%	45.5%
	灯油	23.0%	18.3%	20.3%	19.0%	20.2%
近畿	電気	30.2%	25.8%	31.9%	29.0%	34.3%
	ガス	48.1%	54.6%	48.2%	52.0%	47.3%
	灯油	21.6%	19.6%	19.9%	19.0%	18.4%
中国	電気	34.6%	34.8%	34.6%	36.0%	41.3%
	ガス	35.2%	36.4%	37.6%	32.8%	32.7%
	灯油	30.2%	28.8%	27.8%	31.2%	26.0%
四国	電気	31.5%	34.3%	31.0%	36.9%	41.0%
	ガス	42.0%	40.6%	47.2%	41.6%	32.5%
	灯油	26.5%	25.1%	21.9%	21.5%	26.6%
九州	電気	30.0%	28.6%	26.8%	31.7%	33.2%
	ガス	38.8%	46.9%	47.3%	44.0%	42.1%
	灯油	31.2%	24.5%	25.8%	24.3%	24.7%
沖縄	電気	42.4%	43.8%	38.3%	42.1%	43.9%
	ガス	41.6%	42.0%	48.5%	45.0%	42.0%
	灯油	16.0%	14.3%	13.1%	12.9%	14.1%
2004年						
北海道	電気	18.3%	22.2%	19.3%	19.3%	25.4%
	ガス	13.9%	13.4%	12.7%	12.5%	13.5%
	灯油	67.9%	64.5%	67.9%	68.1%	61.2%
東北	電気	26.6%	25.7%	26.8%	29.0%	31.6%
	ガス	19.9%	23.1%	23.6%	21.0%	23.3%
	灯油	53.5%	51.2%	49.6%	50.0%	45.1%
北陸	電気	33.1%	38.6%	41.0%	34.9%	42.4%
	ガス	26.0%	29.0%	27.8%	28.7%	25.9%
	灯油	40.9%	32.4%	31.2%	36.3%	31.8%
関東	電気	41.4%	42.6%	45.5%	45.0%	46.1%
	ガス	40.5%	42.3%	40.3%	39.3%	38.3%
	灯油	18.1%	15.2%	14.2%	15.7%	15.6%
東海	電気	41.4%	38.6%	40.9%	44.6%	49.7%
	ガス	40.9%	46.3%	41.8%	37.0%	35.3%
	灯油	17.8%	15.1%	17.3%	18.4%	15.0%
近畿	電気	44.8%	46.1%	43.4%	51.4%	51.7%
	ガス	41.7%	42.0%	44.1%	38.2%	36.2%
	灯油	13.5%	11.8%	12.4%	10.4%	12.1%
中国	電気	40.2%	47.2%	44.2%	45.8%	47.0%
	ガス	30.1%	29.7%	29.4%	30.0%	28.6%
	灯油	29.7%	23.1%	26.4%	24.2%	24.4%
四国	電気	47.1%	47.5%	47.5%	45.8%	44.5%
	ガス	29.1%	30.4%	29.6%	29.5%	30.6%
	灯油	23.8%	22.2%	22.9%	24.7%	24.9%
九州	電気	41.5%	39.4%	45.4%	46.5%	47.7%
	ガス	35.0%	33.4%	33.4%	33.9%	31.4%
	灯油	23.6%	27.2%	21.2%	19.6%	21.0%
沖縄	電気	52.7%	57.5%	51.2%	55.5%	58.0%
	ガス	32.5%	28.3%	33.1%	30.3%	29.2%
	灯油	14.8%	14.2%	15.7%	14.2%	12.8%

まとめ

本調査では、エネルギー実態調査が行えない場合の代用として、公的統計からより多角的に必要な情報を推定する手法を検討し、それを「家計調査」に応用することで、住宅の地域別属性別エネルギー消費原単位を最尤推定した（本手法は、あくまでも実態調査が実施できない場合のセカンドベストとして、計算統計学的に近似解を推定するための便宜的手法である。本研究によって、実態調査の重要性が損なわれるものでない事に注意）。

「家計調査」を用いた住宅エネルギー消費の研究は、過去にも数多く報告されているが、本研究の特徴は、いままでも研究対象とされなかった地域別属性別エネルギー消費原単位を対象とし推定・分析したことにある。この解を正確に求めるには、公開データだけでは情報不足であるが、本研究では、この解を公開情報だけで、近似的に推定するため、統計表の中に散見する関連情報を取捨選択し、必要な情報を最も合理的に説明する近似解を計算統計学手法で推定したものである。この解は、真値とは証明出来ないが、制約条件から判断して推定誤差を最小とする極値解の1つである。

本研究の特徴は、以下の2つである。

1. 公的統計が未公開、未集計の値を、その統計内の異なる集計情報を利用して、合理的な近似解を推定する手法を検討した。
2. 「家計調査」の集計情報から、これまで明らかにする事ができなかった地域別属性別エネルギー消費原単位が推定出来るようになった。

この研究で今回明らかになった点は以下の通りである。

[エネルギー消費原単位と属性]

- ・全国的（北海道を除く9地域）に、各世帯属性でのエネルギー消費原単位の経年的な増加と、世帯員数、所得との相関性が確認された。また近年ではその増加傾向に鈍化の傾向が認められる。（2000年のエネルギー消費原単位が2004年より大きな地域があるが、厳冬等の異常気象の影響と考えられる）
- ・北海道は一部の属性を除き、エネルギー消費原単位が30年以上ほとんど変化していない。経年的に変化（増加）しているのは、2人世帯の原単位で、その原単位の経年増加速度は、全国的にも大きい。
- ・北海道の世帯員数エネルギー弾性値は、1970年は0.45と全国最大であったが、1980年以降は0.2前後に安定し、2004年には沖縄と並んで全国最低となる。その他8地域は過去30年間、0.25~0.3とほぼ安定している。
- ・所得弾性値は、1980年が、0.17~0.19と大きな値を示す北海道、東北、近畿、九州、沖縄の5地域と、0.12~0.13の低い値を示すその他5地域に2分された。その後経年で低下するが2004年現在では、8地域が0.12前後に収束する傾向がみられる。しかし東北、北陸の2地域は0.05と0.07と低い値を示す。
- ・世帯主年齢別に見るとエネルギー消費原単位が最も大きいのは、40才代~60才代で、39才以下、65才以上（または70才以上）のエネルギー消費原単位が最も少ない。しかし1人当たりエネルギー消費原単位で見ると、世帯主が高齢な世帯ほど原単位が大きい。これは高齢世帯の平均世帯員数の減少する傾向にあるためと考えられる。
- ・世帯類型別エネルギー消費原単位が、その世帯類型の平均世帯員数から推定されるエネルギー消費原単位と大きく相違する場合がある。例えば「片親と未婚の子供」世帯は、北海道では、世帯員数から推定される値を大きく下まわっているのに対し、関東では推定値とほぼ一致した、また「両親、子供夫婦、未婚の孫」世帯では、北海道、関東両地域ともに、世帯員数からの推定値を大きく上回っている。このことから、エネルギー消費原単位の推定には、地域性や複数の属性要素およびそれらの交絡要素が大きく作用するものと考えられる。

[エネルギー源構成の変遷]

- ・1970年から2004年にかけて、電気依存率の上昇が全国的に確認される。この依存度の増加スピードにも地域差があり、その結果、2004年は、電気の全エネルギーに占める割合で明瞭に地域が2分できるようになる。1つのグループは電気割合が50%前後の地域（関東以西8地域）と、2つ目のグループは電気割合が

25%前後の北海道、東北の2地域である。

- ・1980年と2004年を比較すると、2004年が高額所得層の電気依存率が高いことが確認された。

[考 察]

今回の分析結果から、更に仮説検証作業が必要ではあるが、以下の様な考察が可能と思われる。

電気依存度の上昇は、生活スタイルの都市化、少子・高齢化による電気の安全性、使いやすさ等が原因していると考えられる。

また、2人世帯のエネルギー消費原単位が各地で増加傾向にあるのは、家庭の生活水準の向上・ライフスタイルの変化が主な原因と考えられる。我が国の住宅ベースエネルギー消費量は、この結果増加しているものと考えられる。

一方、世帯員数の増加に伴い、エネルギー消費量は、ほとんどの地域で約1000Mcal/人で収束(異常気象等により若干変動)する傾向にある。このことから住環境を維持するベースエネルギー消費分と、家族で共用されるエネルギー分を除けば、生活者が1人増えた場合のエネルギー消費量が、この値であると推測される。北海道の1人増加当たりエネルギー消費量は1970年2000Mcal/人であるが、これは住宅の暖房用熱のロスが原因と考えられる。その後1000Mcal/人と半減するのは、この熱ロスが減少しているためであろう。北海道では1952年以来、北海道独自の高断熱住宅¹⁶⁾の普及を推進しており、1980年以降その効果が明瞭になってきたと推察される。これに対し東北や北陸で高気密・高断熱住宅が一般化するのは、新省エネルギー基準(1992年)以降と歴史が浅く、世帯員1人増加あたり原単位が2004年で約1500Mcal/人と他地域よりも約500Mcal大きいのは、同地域の暖房水準の向上速度に対し、住宅の断熱水準向上が追いついていないためと考えられる。

1980年以降のエネルギーの所得効果をみると、全国的に効果が小さくなる傾向にあり2004年現在ほとんどの地域が0.1~0.13を示す。北海道と東北は1980年約0.20と大きな値を示すが、北海道は2004年0.1に落ち着き、東北は0.05と更に小さくなる。1980年は、暖房需要の大きい両地域¹⁰⁾において第2次石油危機による燃料価格高騰の影響果が大きかったと推測されるが、近年の両地域の動向の差を説明することは困難であり、更に仮説検証作業が必要と考える。

北海道の「片親と未婚の子供」世帯の原単位は、1980値以降10000Mcal/年で安定している。この値は2人世帯の原単位よりも小さく、住環境維持のベースエネルギー消費が小さく抑えられているためと考えられる。一般的に「片親と未婚の子供」世帯の平均所得水準は低いので、低所得者にとって北海道の大きな暖房需要は経済的負担感が大きい事が予想されるが、この点についても更に仮説検証作業が必要と考える。

[今後の課題]

今後は、今回用いた推定アルゴリズムの改良をすすめ、推定精度の向上とその他統計への適用など汎用性の拡大に努めたい。また家計調査の分析対象範囲を各年統計値まで拡張するとともに、今回確認されたエネルギー消費の地域性、世帯類型や所得、世帯主年齢の相互関係とその考察について仮説検証の作業等を行うなどして、住宅エネルギー政策のみならず高齢化問題、エネルギー転換問題に資する研究に展開して行きたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 澤地孝男, 坊垣和明, 他 8:用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成, 日本建築学会計画系論文集, No.462, pp.41-48, 1994.8
- 2) 長谷川善明, 井上隆: 全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究 世帯特性の影響と世帯間のばらつきに関する考察 その1, 日本建築学会環境系論文集 No. 583 (2004-9), pp.23~27
- 3) (財)省エネルギーセンター: 家庭におけるライフスタイルの変化とエネルギー消費に関する実態調査研究報告書, 1997
- 4) 田中昭雄, 酒井孝司, 中上英俊, 村越千春, 石原 修: 住宅種別用途別エネルギー消費量推定に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 No.539, pp.67~74, 2001.1
- 5) 佐藤誠, 宇田川光弘: 住棟セントラル暖房・給湯システムにおけるエネルギー消費量のシミュレーションによる検討, 日本建築学会計画系論文集, No.522, pp.75-82, 1999.8
- 6) 米国エネルギー情報局, <http://www.eia.doe.gov/emeu/recs/contents.html>
- 7) (財)日本エネルギー経済研究所: 民生部門エネルギー消費実態調査(1975~)
- 8) 三浦秀一: 全国都道府県庁所在都市の住宅におけるエネルギー消費と CO2 排出量の推移に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 No.528, pp.75~82, 2000.2
- 9) 田中昭雄, 中上英俊, 田島美沙子: 都道府県別主要都市の家庭用エネルギー消費原単位の分析(その1), エネルギー・資源学会第17回研究発表会講演論文集, pp.235-240, 1998
- 10) 住環境計画研究所: 家庭用エネルギーハンドブック, (財)省エネルギーセンター, 1999
- 11) 藤野友和, 垂水共之: 分割表における秘匿セルの簡易補完法及びそのオンラインシステムへの実装について, 計算機統計学 第16巻・第一号, pp.31-41, (2003).
- 12) 稲葉由之, 岩崎学: 統計表における秘匿の補完法, 日本統計学会誌, 第27巻, 3号, 263-280.
- 13) 萩原将文; ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム: 産業図書(1994).
- 14) 森宏, 石橋喜美子, 田中正光, 稲葉敏夫; 年齢・世代効果を補正した需要弾力性の計測, 専修大学社会科学年報, 第39号, (2005), 39-59
- 15) 日本エネルギー経済研究所: エネルギー経済統計要覧 2006, 2006.2
- 16) 加藤光夫; これからの住まいづくりと「北方型住宅」, 北海道立寒地住宅都市研究所, 1990.3

お問合せ先: report@tky.ieej.or.jp