

慶應義塾大学大学院商学研究科 2016 年度学事振興資金成果論集
『世界および地域のビジネス・商業』

インドの家計調査を用いた疑似パネルデータによる 家計消費需要関数体系の推定

眞 明 圭 太

<要 約>

インドを含む多くの発展途上国に住む貧困層の人々は、日常の調理にただで手に入れられる薪や牛糞などの固形燃料を用いている。固形燃料の使用によって、室内空気汚染と貧困の悪循環という問題が引き起こっている。この問題を解決することが本研究のミッションである。本稿では、インドの家計調査を用い、需要関数を推定することで、調理用燃料の消費行動を明らかにする。消費の理論には **Two-Stage Budgeting Model** を用い、同時方程式の推計には **SUR** を用いる。推計の結果から得られたパラメータを用いて、現在の実施されている補助金の政策評価を行った所、全く効果がないことが示唆された。

<キーワード>

NSS, Indoor Air Pollution, Pseudo-Panel, Two-Stage Budgeting Model, SUR, Fixed Effect Model

1. 研究背景

1990 年以降インドでは急速に経済が発展し、人口も爆発的に増加してきた。その一方で、現在でもなおインド国民の 7 割以上が未だに農村に住み、2009 年時点では 68% が 1 日当たり 3.1 ドル以下で生活している (World Bank, 2009)。貧困層と呼ばれる彼らは、日常の生活における調理の際、薪や動物の糞、また木炭などの固形燃料を用いている。貧困層の人々にとって、費用を要さず、身近に入手することができる固形燃料は、生活に必要不可欠なものとなっている。しかし、皮肉にもこれらの固形燃料を使用することが様々な問題を生んでいる。大きな問題の一つは、**Indoor Air Pollution** と呼ばれる室内空気汚染である。貧困層の人々は固形燃料を燃やす際、燃焼効率の悪い伝統的な調理器具を室内で用いている。室内で固形燃料を燃やすと、不完全燃焼を起こし、ブラックカーボンと呼ばれる有害物質が発生する。このブラックカーボンが室内に蔓延し空気が汚染されることを **Indoor Air Pollution** と呼ぶ。汚染された空気を吸い込むことでもたらされる呼吸器への健康被害は非常に大きく、インドだけでなく世界中の発展途上国で問題となっている。WHO (2014) によると南アジアやアフリカ大陸の多くの国において、30 億人が家庭内での調理に固形燃料を用いており、年間約 400 万もの人々が呼吸器系の疾患で死亡している。室内空気汚染の他に、インド社会における女性の社会的地位と固形燃料に纏わる問題がある。インド社会は未だ家父長制の慣習が強く、男性に比べ女性の社会的地位が著しく低い。農村部の貧困家

庭では、自宅からしばらく歩いた所まで毎朝燃料の薪を集めに行く必要があるのだが、これは基本的に女性の仕事である。普通に考えると薪集めは肉体労働であり、筋肉のある男性の方が行う方が効率が良いはずである。しかし男尊女卑の文化が根深いインド社会は、この骨折りで時間のかかる作業を女性が行うことが

慣行になっている。女性が薪を集めることが当然であると社会全体が許容している。それと同時に、女性たちが実際に薪を集め続けているという事実が女性の社会的地位を低いままにしておき、その点でスパイラルが起こっている。上記の 2 つの問題、室内空気汚染と女性の社会的地位に関する負のスパイラルを解決するためには、薪、牛糞といった固形燃料からよりクリーンな灯油、LP ガス、電気などの燃料に転換することが有効であると様々な分野の研究から実証されている。室内空気汚染の緩和については公衆衛生学の分野で研究が行われてきた (Padhi and Padhy, 2008; Mahbubul Islam, 2002)。女性の社会的地位に関しては、燃料を配布することで女性のエンパワメントを向上させる取り組みが各地で行われてきた (UNDP, 2012)。以上の研究や取り組みから、固形燃料からの脱却が途上国における様々な問題を解決することは間違いない。しかし、どのようにして固形燃料からクリーンな燃料に転換させるのかということに関する経済学視点からの研究は非常に少ない。貧困層が今の生活水準のまま自らクリーンな燃料を購入することは不可能であるため、灯油や LP ガスなどの燃料を普及させるためには政府が政策として適正な補助金を与える必要があると考えられる。Yii and Geetha (2015) も述べているように、最適な分配をしない限り、財政への負担が無駄に大きくなる。インドの場合、薪で生活している人々が 8 億人近くいるため、分配の失敗による経済への悪影響は計り知れない。本論文では、すでに行われている補助金制度にどの程度効果があるのかを測定することを 1 つの目的とし、インドの家計調査を用いて燃料に関する消費行動を分析する。

2. 先行研究

発展途上国における家庭の燃料転換に関して、計量経済学分野では大きく分けて 2 タイプの研究が行われてきた。1 つは燃料選択に関する研究で、もう 1 つは燃料の需要関数を推定する研究である。前者はロジット・プロビット、多項ロジットモデルなどを用いた分析であり、経済学の理論がなくともデータさえあれば比較的簡単に行うことができるため、研究の数としては多い。一方で後者のアプローチでは、多くの場合経済学の理論を伴い、既存の研究の数は多くない。本研究は、後者の需要関数の推定であるため、その先行研究を示す。Gundimeda and K• ohlin (2008) はインドの燃料の需要関数を非常に緻密に分析している。データは 2000 年に調査された NSS をクロスセクションデータとして用いている。所得階層によって燃料に対する選好が全く違うことを考慮して、3 段階の所得階層別、セクター別に分析を行っている。消費のモデルとして Two-Stage Budgeting Model を採用し、1 段階目においては燃料と燃料以外の 2 つの大費目に分けそれぞれの支出シェアを総支出の対数で線形回帰している。2 段階目においては薪、灯油、LP ガス、電気という 4 財の燃料の弾力性を測るため、関数型に Linear Approximated AIDS を用いて推計して

いる。2 段階目の推計の際には、Rural において多くの家計が LP ガスや電気を消費していないという実情を踏まえ、セレクションバイアスを考慮した SUR を用いている。分析の結果に対し、ほぼ全ての変数が有意であると強調している。結果のパラメータから算出したマーシャルの自己価格弾力性に関しては、薪と LP ガスの弾力性が 1 を超えており、灯油と電気の弾力性が 0 と 1 の間であった。支出弾力性に関しては、Rural と Urban の薪のみ 1 を超えており、その他のクリーンな燃料は 1 以下であった。Rural の電気に対する支出弾力性が 0.4 で、最も小さい値となっている。Gregory and Stern (2014) は自らが家計調査をデザインして、2009 年に Watershed Organization Trust という NGO と共にデータを収集した。ムンバイにある 2 つの小さな村、Kohane と Purushwadi を対象に、257 の家計に調査を行った。本来の調査の目的は温室効果ガスの排出量を推定するためであったが、このデータを燃料の需要関数の推計に用いている。2 つの推計を行っており、1 つが家計ごとの全ての燃料の総熱量を被説明変数に用いたものと、もう 1 つが各燃料の熱量のシェアを被説明変数に用いた 4 本の方程式である。推計する需要関数は特定の効用の最大化問題を解いて導かれたものではなく、被説明変数に影響すると考えられる変数の線形結合である。2 つのモデル共に、説明変数として対数変換した所得、家計人数の対数を用いている。2 つめのモデルの被説明変数はシェアであり、4 つのシェアを足すと 1 になるため、本来 Seemingly Unrelated Regression を行うべきところではあるが、ここでは 4 本を別々に推計している。結果として、1 つめの総熱量に関する推計から燃料の支出弾力性が 0.15 と算出されている。全てのモデルにおいて所得の対数のパラメータのスケールが非常に小さいが、係数の符号はエネルギーラダー仮説を支持するものが出てきていると述べている。

3. データ

本稿では、National Sample Survey (以下、NSS) というインドの大規模家計調査を分析に用いる。NSS は 5 年に一度 NSSO という組織が行っている調査であり、最大の特徴は 10 万を超える膨大な標本数と多種多様な調査項目である。家計の居住地域、家計の構成人数、宗教、カーストなどの家計の属性、年齢や教育年数、婚姻履歴などの家計人員の属性、また 300 品目近くの消費財の消費額、消費量など、家計に関する様々な項目が調査されている。NSS は調査の度に対象となる家計を抽出しているため、パネルデータにはなっていない。分析には 1988 年から 2005 年までに行われた 4 回分の調査を用いる。毎回の調査の標本数は概ね 12 万家計程度であり、Rural が全体の 2/3、Urban が全体の 1/3 の割合で調査されている。

4. 研究方法

先行研究レビューを踏まえ、データのアプローチについて説明する。既存研究では横断面データのみを用いたものしかなかった。これは発展途上国で調査されたパネルデータがほとんど存在しないからである。その理由として、パネルデータの収集には多額の資金が必要であるという一

般的な理由の他に、識字率が低いために調査員が直接家計に赴く必要があり、データ収集の労力が先進国と比べて比にならないという途上国特有の理由がある。しかし、一般にクロスセクションデータを用いた需要関数の推計には困難がある。Deaton (1990) が述べているように、クロスセクションデータでは価格の散らばりが少なく、価格弾力性を正確に推計することが難しい。では集計した時系列マクロデータを使えばよいかというと、それにも問題がある。Deaton (1985) は、クロスセクションデータをプールして推計したパラメータと平均値を用いた時系列マクロデータで推計したパラメータは著しく異なっていると主張している。したがって、需要関数の推計にはパネルデータがある方が望ましい。また、本稿の主題である燃料転換という点に立ち返って考えてみても、パネルデータの必要性が浮き彫りになる。クロスセクションデータを用いている先行研究では、同一時点で所得の異なる家計が異なる燃料を用いている状況を燃料転換と捉え分析を行っていた。しかし本来の燃料転換という概念は、ある同一の家計が時系列的な所得水準の向上とともに燃料を転換するということを意味している。そのため燃料転換に関する分析においてはクロスセクションデータを用いるのは本来の目的意識とずれており、パネルデータを用いるのが本筋であると言える。以上の理由から、本稿では4ヵ年分の家計調査から擬似的なパネルデータを作成し、燃料に関する需要関数体系の推定を行う。また、地域間で燃料の消費行動が異なることを考慮し、Rural と Urban に分けて分析を行う。

5. 疑似パネルデータ

(1) 疑似パネルデータの概要

すでに述べたように、発展途上国にはパネルデータがほとんど存在しない。ただ、多くの国で複数回のクロスセクションの家計調査データは存在しておりアクセスできる。本来クロスセクションデータは、調査年度が違えば対象となるサンプルもことなり、当然ながら同一のサンプルを追ったパネルデータとは異なる。しかし、Deaton (1985) は複数のクロスセクションのデータから擬似的なパネルデータ：Pseudo Panel Data*1を作成する方法を提唱している。方法は以下の手順で行う。

1. 各調査年において、時間不変な共通の特徴を持つ家計をグループ化する。そのグループをコーホート (Cohort) と呼ぶ。
2. コーホートごとに、データに存在する分析に必要な変数の平均値を取る。
3. 各コーホートを1つの代表的な家計と見なし、平均値を代表値と見なす。
4. 調査年ごとに同じコーホートを追うことで、擬似的なパネルデータとして扱える。

疑似パネルデータは疑似という言葉が伴っていることから、本物のパネルデータに比べると精度が低く劣ったものに聞こえるかもしれない。しかしパネルデータより優れている点もある。表??はパネルデータと疑似パネルデータの長所と短所についてまとめた表である。疑似パネルデータ

の最大の長所は、本物のパネルデータと違いサンプルの脱落の可能性がないことである。パネルデータの場合、追跡していたサンプルを調査のある時点から追えなくなった場合、その家計を分析の対象に含めることが難しくなる。一方、疑似パネルデータの場合、もしある1家計が脱落したとしても、

コーホート内の家計で平均を取りコーホートを追うため、コーホートサイズが大きければ脱落の影響をほとんど受けない。また、調査段階で発生する回答誤差を取り除ける点も疑似パネルデータの長所の1つである。自らパネルデータを集めて分析を行っている研究者の多くは、データの回答誤差が少ないと信じ切っている。しかし、実際には回答誤差が非常に大きいことが多い(Deaton, 1985)。疑似パネルデータをこの点を考慮して誤差を修正することができる。一方で、サンプルサイズが非常に小さいという短所が疑似パネルデータにはある。コーホートの決め方にもよるが、多くの先行研究では元の1/100以下にまでサンプルサイズが減少している。

(2) 疑似パネルの作成

本稿のデータNSSを用いて疑似パネルデータを作成するに当たって、まずは作成時に注意すべき2点について説明する。1つめは、コーホートの数と平均値の精度のトレードオフである。コーホートにグループ化する際、グルーピングの共通要素を増やせば、コーホートの数は増える。例えば、家計を10の居住地域と5つの宗教でグループ化すると50のコーホートで構成された疑似パネルデータができるが、さらに要素を増やし5つの人種でグルーピングすれば、250のコーホートで構成されたものができあがる。コーホートを代表的な家計と見なしコーホートの数と調査年数の積がそのまま分析の際のサンプルサイズになるため、より多くの要素でグループ化したくなる。しかし、このようにサンプルサイズを大きくするためにグループ化の要素を増やせば増やすほど、コーホートごとには属する家計数、つまりコーホートサイズ n_c が減少する。コーホートごとに平均を取る際、その平均値の分散は母集団の分散 σ^2 を用いて σ^2/n_c と表せる。つまりコーホートサイズが小さければそれだけ分散が大きくなり標本誤差が膨らむ可能性がある。したがってこれら2つのバランスを吟味し、グループ化の共通要素を決める必要がある。もう1つの注意点は、分析を行う変数の形で平均を取らなければいけないという点である(Deaton, 1997)。最終的に推計するモデルの中に、変数を非線形に変換したものが入っている場合、コーホートごとに平均をとる前の段階、つまり家計レベルのデータの段階で変換を行い、その後コーホートごとに平均を取る必要がある。コーホートごとに平均を取ってから変換を行うのは誤りということである。疑似パネルデータに関する先行研究(Martin Browning et al., 1985; Ribas and Machado, 2007; Jha et al., 2009; Rose, 2009; Tamvada, 2010; Meng et al. 2014)を参考に、本稿では表1の通り変数をグループ化し疑似パネルデータを作成した。コーホートデータを用いた推計で一致推定量を得るためには、コーホートごとに十分なコーホートサイズが必要となる。疑似パネルデータを作成して分析に用いている先行研究の多くは、属する家計数が少ないようなコーホートは分析から除外していた。そのカットオフ値は研究により差があり、30, 50, 78, 100, 500などまちまちであった。先行研究のカットオフ値を鑑み、またカットオフの基準を高くすることでサンプル数が減少して

しまうという問題も考慮し、作成した疑似パネルデータの 7 割が残るようにカットオフ値を 60 とした。つまり、コーホートサイズが 60 未満のコーホート、全体の約 3 割程度を分析から除外した。その結果、ヒンドゥー教以外の宗教でかつ指定カースト・指定部族というグループのコーホートはほとんどが除外されることになった。最終的に Rural で 87, Urban で 88 のコーホートが残り、4 ヶ年分のサンプルサイズは Rural で 348, Urban で 352 となった。

表 1: 疑似パネルデータのグルーピング変数

変数	変数名	要素の数	要素
セクター	sector	2	Rural, Urban
地域	region	4	North+Northeast, East, West, South
社会階層	sgrp	2	指定カースト + 指定部族, その他全て
宗教	rlgn	2	ヒンドゥー教, その他全て
家長の出生年階層	gen	8	● コード 001: 1908-1935 年生まれ ● コード 002: 1936-1940 年生まれ ● コード 003: 1941-1945 年生まれ ● コード 004: 1946-1950 年生まれ ● コード 005: 1951-1955 年生まれ ● コード 006: 1956-1960 年生まれ ● コード 007: 1961-1965 年生まれ ● コード 008: 1966-1990 年生まれ

6. 理論モデル

(1) 理論的枠組み

1) Two-stage Budgeting Model

理論の枠組みとして、近年の需要関数分析の中核を担っている Two-stage Budget Model を用いる。このフレームワークは、1 段階目として予算全てを財の大分類に割り当て、2 段階目にて大分類に属する細分化された財に予算を割り当てるというものである。例えば、1 段階目において全ての予算を食費、光熱費、被服費、住居費、雑費という 5 つに割り当て、2 段階目において光熱費の中の電気、ガス、水道という細かい財に割り当てるということである。Two-stage Budgeting を提唱したのは Gorman(1959)であり、その後、燃料に関する分野において Jorgenson et al.(1988), Baker et al. (1989), Baker and Blundell (1984) などが先陣を切ってこのモデルを用いた研究を発表した。最近の研究では先行研究にて紹介した Gundimedda and Kohlin (2008), マレーシアのデータを用いた Yui and Geetha (2015), 中国のデータを用いた Cao et al. (2016) などがある。

2) 財の分類

まず第1段階の推定では、全ての消費財を食費、燃料費、医療費、教育費、その他の5つの大費目に分類する。貧困層の多い地域ではエンゲル係数が非常に大きい。この点を考慮して食費を分類の一つに含めた。また、冒頭に問題意識として述べたように、燃料転換により肺疾患が緩和され医療費が軽減され、余暇が生まれることで教育費への支出が多くなることが考えられる。このような関心から、燃料費と医療費と教育費を分類に含めた。これら4つの分類に属さない財は全て、その他という分類に集約した。第2段階の推定では、RuralとUrbanそれぞれ異なる燃料の分類を行う。Ruralにおいては、薪・牛糞とLPガスの2財モデルで分析を行う。ここで、薪と牛糞は全く同じ財として扱い、データとしては各家計ごとに薪と牛糞の消費量と消費額を集計したものを用いる。Urbanでは薪・牛糞、灯油、LPガス、電気の4財モデルで分析を行う。

(2) モデルの詳細

Two-stage Budgeting Modelの第1段階の推定では、Fan et al. (1995) や Cao et al. (2016) に従い、関数型として Stone (1954) が提唱した線形支出体系: Linear Expenditure System (以下 LES) を用いる。大分類の需要関数の推定には、代替性が詳細に把握できるというよりは最低必要量や選好などのパラメータの解釈がしやすいという特徴を持った需要関数が望ましいからである。ベルヌーイ=ラプラス型の効用関数を予算制約の下に最大化して得られる家計レベルの支出シェア関数は以下のように表せる。

$$w_{iht} = \beta_i + \alpha_i \frac{p_{iht}}{y_{ht}} + \beta_i \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{p_{jht}}{y_{ht}} + u_{iht} \quad (1)$$

ただし、変数に関して、添字の i は大費目、 h は家計、 t は調査年度を表し、 w は支出シェア、 p は選好を表す。また、モデルに人口統計学的な要因として、家計人数などを含める。Pollak and Wales (1981) によれば、最低必要量を人口統計学的要因の関数として表すことで、需要関数としての整合。つまり、パラメータと人口統計学要因 N_k を用いて、

$$\alpha_i = \delta_{i0} + \sum_{k=1}^K \delta_{ik} \cdot N_k \quad (2)$$

と表せる。人口統計学的要因としては、家計人数、指定カースト・指定部族ダミー、地域ダミー*6を用いる。以上の家計レベルの方程式の変数に関して、コーホートレベルで平均を取り、添字を h から c に書き換えると、

$$w_{ict} = \beta_i + \alpha_i \frac{p_{ict}}{y_{ct}} + \beta_i \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{p_{jct}}{y_{ct}} + u_{ict} \quad (3)$$

$$\alpha_i = \delta_{i0} + \sum_{k=1}^K \delta_{ik} \cdot N_{kct} \quad (4)$$

となる。これが LES の推定におけるモデルである。大費目の価格に関しては、Eurostat (2012) を参考に、コーホート間の相対指数を EKS 法により算出した。最終的に得られたパラメータから計算する支出弾力性 η と価格弾力性 ϵ は以下のように表せる。

$$\eta_{i,y} = \frac{\beta_i}{w_i} \quad (5)$$

$$\epsilon_{i,j} = \begin{cases} -\frac{p_j \beta_i \alpha_j}{w_i y}, & (i \neq j \text{ の時}) \\ -1 + \frac{p_i \alpha_i (1 - \beta_i)}{w_i y}, & (i = j \text{ の時}) \end{cases} \quad (6)$$

第2段階の燃料の推定では、Linear Approximated AIDS を用いる Muellbauer and Deaton (1980)。コーホートレベルの支出シェア関数は以下のように表せる。

$$w_{ict} = \alpha_i^* + \sum_j \gamma_{ij} \ln p_{jct} + \beta_i \ln \left(\frac{y_{ct}}{P_{ct}^*} \right) + u_{ict} \quad (7)$$

$$\alpha_i^* = \delta_{i0} + \sum_{k=1}^K \delta_{ik} \cdot N_{kct} \quad (8)$$

ただし、下の制約を満たす必要がある。

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, & \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0, & \sum_{i=1}^n \beta_i = 0 & (\text{adding-up}) & (9)-(11) \\ \sum_j \gamma_{ij} = 0 & & & (\text{homogeneity}) & (12) \\ \gamma_{ij} = \gamma_{ji} & & & (\text{symmetry}) & (13) \end{cases}$$

弾力性は Green and Alston (1990), Green et al. (1991), Alston et al. (1994), Buse (1994) を参考に、以下のように算出した。

$$\eta_{i,y} = 1 + \frac{\beta_i}{w_i} \times (1 - \sum_k w_k \ln p_k (\eta_{k,y} - 1)) \quad (14)$$

$$\epsilon_{i,j} = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \frac{\beta_i}{w_i} \times \{w_j + \sum_k (\epsilon_{kj} + \delta_{kj}) w_k \ln p_k\} \quad (15)$$

7. 推計方法

第一段階、第二段階ともに、複数本の相関した方程式を同時に推定する必要があるため、

Seemingly Unrelated Regression (SUR) を用いる。また、パラメータに関して線形に表現できていない一段回目の LES では差分による固定効果モデルは不可能だが、第二段回目の LA-AIDS では固定効果モデルを用いる。以下の 6 つの推定を行う。

【推定 1】第一段階, Urban, プーリングモデル, SUR

【推定 2】第一段階, Rural, プーリングモデル, SUR

【推定 3】第二段階, Urban, プーリングモデル, SUR

【推定 4】第二段階, Urban, 固定効果モデル, SUR

【推定 5】第二段階, Rural, プーリングモデル, OLS

【推定 6】第二段階, Rural, 固定効果モデル, OLS

8. 推計結果

推計 1 から推計 6 の推定の結果から得られた弾力性について説明を行っていく。また、2 段階目で得られた推定量を用いて、LP ガスの価格の変化によって支出シェアがどのように変化するかのシミュレーションを行う。

(1) 第 1 段階 LES の結果

表 3 は Urban, Rural 別の支出弾力性である。医療費とその他支出に関しては Urban と Rural で差がなく、共に 1 を超え弾力的で、贅沢財である。教育費については Urban が 1.93, Rural が 1.52 であり, Urban の方が弾力的である。食料の支出弾力性については Urban で 0.57, Rural で 0.71 であり, 貧困層の多い Rural の方が弾力的であるという直感とも一致する結果となっている。燃料に関して, Urban で 1.27, Rural で 0.89 という結果を得た。2005 年時点において, Urban でもなお薪を主な調理用燃料として用いている家計は 2 割以上あり, かつ Urban ではクリーンな燃料にアクセスできる環境が整っているという理由から, 所得に対して燃料の需要が弾力的に反応するという結果が得られたのではないかと考えられる。一方で, Rural においては, 薪・牛糞を用いるという習慣が根付いており, 調理には薪だけで量は十分であるため, 所得の上昇率以上に新たにクリーンな燃料を買うことや薪を買い足すということがないのだと考えられる。表 4 は Urban, Rural 別のマーシャルの価格弾力性 ϵ_{ij} を表したものである。対角成分が自己価格弾力性である。当然の結果として, 自己価格弾力性は全て負の値で表れている。自己価格弾力性が 1 を超えた弾力的な財は Urban における教育と Urban, Rural におけるその他のみであった。それ以外の財は全て非弾力的であった。燃料について, Urban では -0.85, Rural では -0.60 であり, これは燃料の価格が 1% 上昇すれば, 燃料の需要量が Urban では 0.85% 減少し, Rural では 0.60% 減少すると解釈できる。

(2) 第 2 段階 LA-AIDS の結果

表 5 は推計 2, 推計 3 の結果から得られた支出弾力性である*7。表の左半分で示している支出

弾力性は、燃料の総支出に対する支出弾力性である。プーリングモデルと固定効果モデルを比較すると、どの財でも大きな差は見られないが、灯油の符号が異なっているのが特徴的である。これは飽くまでも Two-stage Budgeting Model の第 2 段階で扱われる財への総支出額に対する弾力性であり、消費項目全ての財に対する総支出という観点からの支出弾力性は、第 1 段階での燃料の支出弾力性 1.2705 をかける必要がある。(14) 式を用いて算出でき、表の右半分に示している。LP ガスが最も弾力的であり、どちらのモデルでも 3 に近い。Gundimeda and Kohlin (2008) では LP ガスの総支出に対する支出弾力性が 1 を下回っており、インドの Urban の現状に沿ったものになっていなかった。一方で本稿のこの結果は現実に近い数字が出ており、どちらのモデルにおいても仮説 1 を支持している。電気の支出弾力性も 2 を超えており、仮説 2 が支持されている。薪については、予想通り支出弾力性が 1 を下回っており、仮説 3 が支持された。Gundimeda and Kohlin (2008) ではクリーンな燃料の弾力性が全て 1 を下回り、薪の支出弾力性のみ 1 を上回っているという解釈し難い結果を出していたが、本稿の結果ではこの点を克服することが出来たと言える。灯油の支出弾力性が低いのは、調理用と照明用ともに、灯油より更にクリーンで便利な代替品として LP ガス、電気という選択肢があるため、所得が増えても灯油には支出しないという結果が現れたと考えられる。表 6 はマーシャルの価格弾力性を表している。対角成分が自己価格弾力性である。両モデルともに、理論通り自己価格弾力性は負で現れている。LP ガスについて、2 つのモデルであまり差がなく、プーリングモデルでは 1% 価格が上昇すれば、需要量が 1.12% 減少すると解釈できる。電気については、プーリングモデルで -1.54、固定効果モデルで -1.22 であり、共に弾力的な値である。LP ガスと電気については、代替品として相対的に安い灯油があるため、価格に敏感に反応するのだと考えられる。薪の自己価格弾力性は絶対値で 1 を下回っており、価格に対して非弾力的であった。1988 年から 2005 年の間、薪を使用する家計は下がってきたものの、1994 年の時点でなお 30% の家計が主な調理用燃料として利用していたことを考慮すると、Urban でも必需品として扱われ、価格が多少上がったとしても価格の上昇分ほどは需要量を減らすことができなかったと推測できる。

1) Rural における推計 4 と推計 5

表 7 は支出弾力性を表したものである。左半分が燃料のみの支出に対する支出弾力性であり、右半分は、総支出に対する支出弾力性である。燃料支出に対する支出弾力性を見てみると、プーリングモデルでは薪の支出弾力性は 1 を下回っているが、おおよそ 1 であり、LP ガスは 1.107 である。固定効果モデルでは、薪は 1 を上回っているが、ほぼ 1、LP ガスは若干 1 を下回り、0.96 という結果となった。総支出に対する支出弾力性としては、両モデルで薪も LP ガスも 1 を下回る結果となった。仮説 5 として、Rural では未だ薪の利用が過半数を占め LP ガスが贅沢財として扱われているであろうことを考慮し、LP ガスの支出弾力性が 1 を上回ると予想していたが、予想に反してこの仮説は支持されなかった。薪の支出弾力性は非弾力的であり、仮説 6 が支持されている。Rural では薪が明らかに必需品と扱われている実情に沿った結果となっている。表 8 はマーシャルの価格弾力性である。薪の自己価格弾力性はプーリングモデルで -1.06、固定効果モデル

ルで-1.08 であり、大きな差はなく、価格に対して若干敏感に反応するという結果になった。これは先行研究の Gundimedda and Kohlin (2008) で報告されている-1.03 という値に近い。LP ガスの自己価格弾力性は非常に大きく、両モデルで-3 程度の値となった。貧困層の多い Rural では LP ガスの価格が少し上昇するだけで敏感に反応すると解釈できる。

2) 政策効果測定のためのシミュレーション

以上の結果を用いて、LP ガス購入の補助金の効果を測定するため、シミュレーションを行う。Global Subsidies Initiative (2014) によると、2004 年からインド全土で開始された Direct Subsidy (直接補助) では、14.2kg の LP ガスシリンダー1 つに対し、物価により額は変動するものの一律の額で補助を行われるようになった*8。2004 年の時点では補助額は一律 22.58 ルピーであり、Verma (2011) によると 1 シリンダーあたりの価格は 282 ルピーであった。つまり LP ガスを購入しようとする、必ず 8% 程度を割引かれるという計算になる。NSS のデータでは、購入量と支出額を尋ねているため、支出額/購入量により求められる価格は、補助により割引かれたあとの価格であると考えられる。つまり、本来の価格はデータの価格より 8% 程度高いと推測できる。Urban におけるプーリングモデル推計 2 の結果と、Rural におけるプーリングモデル推計 4 の結果から得られたパラメータの推定量を用いることで、燃料の支出シェアの理論値を計算することができる。作成した疑似パネルデータのうち最新の 2005 年使用する。データからそのまま支出額/購入量で得られる LP ガスの価格が補助金ありの価格であり、その LP ガス価格を 8% 割増したものが補助金なしの価格となり、これら 2 つを回帰式に与え LP ガス支出シェアの理論値を求めることで、補助金の効果を測定した*9。表 2 は理論値の平均値を表したものである。Urban, Rural 共にほとんど支出シェアが増えていない事がわかる。Urban では 0:224%, Rural では 0:023%のみ増加している。2005 年における Urban の燃料に対する総支出の平均値は 455.8 ルピーであるため、補助金による支出額の増加は平均的にはたった 1 ルピー程度になる。Rural ではそれよりさらに少なくなる。本稿の分析による推計結果を用いたシミュレーションの結果としては、Urban においても Rural においても、補助金の効果はほとんどないと結論付けられる。

表 2: LP ガスの補助金の有無で比較した LP ガスの支出シェア理論値の平均値

LP ガスの支出シェア理論値	Urban	Rural
補助金なしの理論値	23.271%	8.061%
補助金ありの理論値	23.495%	8.087%

表 3：第 1 段階 LES : Urban, Rural 別の支出弾力性

費目	Urban	Rural
教育	1.9335	1.5269
燃料	1.2705	0.8866
食料	0.5757	0.7160
医療	1.4267	1.3769
その他	1.7636	1.8029

表 4：第 1 段階 LES : マーシャルの価格弾力性

費目	Urban					Rural				
	教育	燃料	食料	医療	その他	教育	燃料	食料	医療	その他
教育	-1.1418	-0.0261	-0.6276	-0.0015	0.1202	-0.7927	-0.0546	-0.4625	-0.0060	0.0707
燃料	0.0054	-0.8503	-0.4124	-0.0010	0.0790	-0.0023	-0.6037	-0.2686	-0.0035	0.0410
食料	0.0024	-0.0078	-0.4885	-0.0004	0.0358	-0.0018	-0.0256	-0.5379	-0.0028	0.0331
医療	0.0060	-0.0192	-0.4631	-0.9824	0.0887	-0.0035	-0.0493	-0.4171	-0.9137	0.0637
その他	0.0075	-0.0238	-0.5724	-0.0013	-1.2390	-0.0046	-0.0645	-0.5461	-0.0071	-1.2152

表 5：第 2 段階 AIDS : Urban における支出弾力性

燃料	燃料への支出		総支出	
	ブーリングモデル	固定効果モデル	ブーリングモデル	固定効果モデル
LP ガス	2.2678	2.2192	2.8813	2.8195
電気	1.7161	1.6022	2.1803	2.0356
薪	0.4008	0.3708	0.5092	0.4712
灯油	-0.0343	0.1831	-0.0436	0.2326

表 6：第 2 段階 AIDS : Urban におけるマーシャルの価格弾力性

燃料	ブーリングモデル				固定効果モデル			
	LP ガス	電気	薪・牛糞	灯油	LP ガス	電気	薪・牛糞	灯油
LP ガス	-1.1288	-0.2842	-0.8405	-0.0143	-1.1872	-0.3259	-0.8072	0.1010
電気	-0.0211	-1.5419	-0.2156	0.0624	-0.1136	-1.2247	-0.2027	-0.0612
薪	-0.2082	0.1570	-0.5753	0.2257	-0.1257	0.1370	-0.6951	0.3129
灯油	0.3669	0.7024	0.3135	-1.3484	0.4251	0.3397	0.4214	-1.3693

表 7: 第 2 段階 AIDS : Rural における支出弾力性

燃料	燃料への支出		総支出	
	プーリングモデル	固定効果モデル	プーリングモデル	固定効果モデル
薪	0.9961	1.0013	0.8831	0.8877
LP ガス	1.1073	0.9648	0.9817	0.8554

表 8: 第 2 段階 AIDS : Rural におけるマーシャルの価格弾力性

燃料	プーリングモデル		固定効果モデル	
	薪	LP ガス	薪	LP ガス
薪	-1.0627	0.0666	-1.0843	0.0830
LP ガス	1.7153	-2.8226	2.3065	-3.2713

9. 結論

本稿では、インドの貧困家庭における固形燃料の調理への使用がもたらす諸問題を解決することを目的とし、家計の需要関数体系の推定を行った。既存研究で行われてきたクロスセクションデータによる分析という限界を乗り越えるため、複数回のクロスセクションデータから擬似的なパネルデータを作成し分析に用いたのが本稿の特徴であると言える。Two-Stage Budgeting というモデルによって、1 段階目に 5 つの費目を Linear Expenditure System により推計し、2 段階目として個々の燃料を LA-AIDS により推計した。2 段階目では、パネルデータの特性を活かすため、時系列に関係なくデータをプーリングしたモデルと、各コーホートの時間不変な独自の効果を取り除いた固定効果モデルで推計し、比較を行った。ただ、期待に反してパラメータのスケールは両モデルで特に大きな変化はなかったと言える。しかし、最終的に得られた推計結果は先行研究よりも明らかにインドの現状に即したものであり、その点においては複数の時点のデータを用いることによる優位性を得られたのではないだろうか。得られた推計結果から政策の効果を評価するためにシミュレーションを行ったところ、LP ガス購入に対する政府からの多少の補助金では、消費者の LP ガスに対する支出はほとんど変わらないという結論を最終的に得られた。2005 年時点では Urban において燃料に対する 1 ヶ月の支出額の平均が 455 ルピーであり、Rural では 183 ルピーである。このような限られた予算の中で 1 シリンダーあたり 280 ルピーの LP ガスは非常に高額であり、かつ細かい量で購入できないため、20 ルピー程度の補助を受けたところで貧困層にとってはやはり手に届かないものであると考えられる。

本研究の限界点としては以下の 3 つが挙げられる。1 つ目は調理用のコンロをモデルに含めていないという点である。本来灯油や LP ガスといったクリーンな燃料を使用するためには、高価な調理用コンロを用意する必要がある。実情としては、この高額なコンロがクリーンな燃料に転換する一つの障壁になっているため、耐久消費財としてのコンロをモデルに含めた方がより現実

的な推計結果が得られたはずである。2 つめは、調理用燃料と照明用燃料を区別できていないという点である。インドの Rural の場合、薪と LP ガスは調理のみに使用し、灯油と電気は照明のみに使用するという事実から、用途別の燃料を NSS データで区別できたが、Urban の場合、灯油は調理と照明の両方に用いるため、データで区別することができなかった。本来であれば、今回の Two-Stage Budgeting Model という 2 段階のモデルではなく、もう 1 つ階層を増やした三段階のモデルが望ましいと考えられる。つまり、1 段階目として、食費、燃料費、教育費などの大費目を推定し、2 段階目として燃料を調理用と照明用に推定し、3 段階目として細かい調理用燃料を推定するというモデルを用いることができれば、本研究の本来の問題意識である調理用燃料の代替という点を正確に考慮できるのではないだろうか。3 つめの限界は、AIDS モデルで測定誤差の問題を引き起こす Stone の価格指数を用いたという点と、推計の際に凹凸性を課しておらず、最終的に推計された需要関数が凹凸性満たしていなかったという点である。

本研究では、固形燃料からクリーンな燃料へ転換することにより女性に余暇が生まれ、本当に生産的な活動をするようになるのか、という点と、燃料転換により室内空気汚染が軽減され、医療費が浮くようになるのか、という 2 つの重要なポイントを明らかにすることができなかった。これらを今後の研究課題として取り組んで行きたい。

参考文献

- [1] Atuahene-Gima, Kwaku and Haiyang Li (2004): "Strategic Decision Comprehensiveness and New Product Development Outcomes in New Technology Ventures," *Academy of Management Journal*, 47, 583-97.
- [2] Alston, J. M., K. A. Foster, and R. D. Green (1994): Estimating Elasticities with the Linear Approximate Almost Ideal Demand System: Some Monte Carlo Results," *The Review of Economics and Statistics*, 76, 351-356.
- [3] Baker, P. and R. Blundell (1984): The Microeconomic Approach to Modelling Energy Demand: Some Results for UK Households," *Oxford Review of Economic Policy*, 7, 54-76.
- [4] Baker, P., R. Blundell, and J. Micklewright (1989): Modelling Household Energy Expenditures Using Micro-Data Author," *The Economic Journal*, 99, 720-738.
- [5] Blundell, R. (1988): Consumer Behavior: Theory and Empirical Evidence: A Survey, *The Economic Journal*, 98, 16-65.
- [6] Buse, A. (1994): Evaluating the Linearized Almost Ideal Demand System," *American Journal of Agricultural Economics*, 76, 781-793.
- [7] Cao, J., M. S. Ho, and H. Liang (2016): Household Energy Demand in Urban China: Accounting for Regional Prices and Rapid Income Change," *The Energy Journal*, 37, 33.
- [8] Deaton, A. (1985): "Panel Data from Time Series of Cross-Sections," *Journal of Econometrics*, 30, 109-126.
- [9] Deaton, A. (1990): "Price Elasticities from Survey Data Extension and Indonesian Results," *Journal of Econometrics*, 44, 281-309.
- [10] Deaton, A. (1997): *The Analysis of Household Survey: a Microeconomic Approach to Development Policy*, Washington, D.C.: The World Bank.
- [11] Edgerton, D. L. (1997): "Weak Separability and the Estimation of Elasticities in Multistage Demand Systems," *American Journal of Agricultural Economics*, 79, 62-79.
- [12] Eurostat (2012): Eurostat-OECD Methodological Manual on Purchasing Power Parities," .
- [13] Fan, S., E. J. Wailes, and G. L. Cramer (1995): Household Demand in Rural China - A Two-Stage LES-AIDS model," *American Journal of Agricultural Economics*, 77, 54-62.
- [14] Global Subsidies Initiative (2014): Subsidies to Liquefied Petroleum Gas in India : An overview of recent reforms,"

- [15] Gorman, W. M. (1959): "Separable Utility and Aggregation," *Econometrica*, 27, 469-481.
- [16] Green, R. and J. M. Alston (1990): "Elasticities in AIDS Models," *American Journal of Agricultural Economics*, 72, 442-445.
- [17] Green, R., J. M. Alston, R. Green, and J. M. Alston (1991): "Elasticities in AIDS Models : A Clarification and Extension," *American Journal of Agricultural Economics*, 73, 874-875.
- [18] Gregory, J. and D. I. Stern (2014): "Fuel Choices in Rural Maharashtra," *Biomass and Bioenergy*, 70, 302-314.
- [19] Gundimeda, H. and G. Kohlin (2008): "Fuel Demand Elasticities for Energy and Environmental Policies: Indian Sample Survey Evidence," *Energy Economics*, 30, 517-546.
- [20] Jha, R., K. S. Imai, and R. Gaiha (2009): "Poverty, Undernutrition and Vulnerability in Rural India: Public Works versus Food Subsidy," *Working Paper* 135, Manchester, UK: Chronic Poverty Research Centre.
- [21] Jorgenson, D. W., D. T. Slesnick, T. M. Stoker, D. W. Jorgenson, and T. M. Stoker (1988): "Two-Stage Budgeting and Exact Aggregation," *Journal of Business & Economic Statistics*, 6, 313-325.
- [22] Leontief, W. (1947): "Introduction to a Theory of the Internal Structure of Functional Relationships," *Econometrica*, 15, 361-373.
- [23] Mahbubul Islam (2002): "Impacts of Biomass Cook Stove Use on Air Pollution, Global Warming, and Human Health in Rural Bangladesh," *Air and Noise Pollution*, 1, p.69-79.
- [24] Martin Browning, Angus Deaton, and Margaret Irish (1985): "A Protable Approach to Labor Supply and Commodity Demands," *Econometrica*, 53, 503-542.
- [25] Meng, Y., A. Brennan, R. Purshouse, D. Hill-McManus, C. Angus, J. Holmes, and P. S. Meier (2014): "Estimation of Own and Cross Price Elasticities of Alcohol Demand in the UK- A Pseudo-Panel Approach Using the Living Costs and Food Survey 2001-2009" *Journal of Health Economics*, 34, 96-103.
- [26] Moschini, G. (2000): "A Flexible Multistage Demand System Based on Indirect Separability," *Southern Economic Journal*, 68, 22-41.
- [27] Muellbauer, J. and A. Deaton (1980): "An Almost Ideal Demand System," *The American Economic Review*, 70, 312-326.
- [28] Padhi, B. K. and P. K. Padhy (2008): "Domestic Fuels, Indoor Air Pollution, and Children's Health," *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1140, 209-217.
- [29] Pollak, R. A. and T. J. Wales (1981): "Demographic Variables in Demand Analysis," *Econometrica*, 49, 1533-1551.
- [30] Pollak, R. A. and T. J. Wales (1995): *Demand System Specification and Estimation*, Oxford University Press.
- [31] Ribas, R. P. and A. F. Machado (2007): "Distinguishing Chronic Poverty from Transient Poverty in Brazil: Developing a Model for Pseudo-Panel Data," *Working Paper* 36, Brasilia, International Policy Centre for Inclusive Growth.
- [32] Rose, W. (2009): "Determinants of Car Ownership in Rural and Urban Areas: A Pseudo-Panel Analysis," *Bilingualism*, 110, 115-122.
- [33] Stone, R. (1954): "Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand," *The Economic Journal*, 64, 511-527.
- [34] Tamvada, J. P. (2010): "The Dynamics of Self-employment in a Developing Country: Evidence from India," *MPRA Paper*, 20042.
- [35] UNDP (2012): "Women's Power: Energy Services for Rural Women in India," *Energy Access Case Study* 9.
- [36] Verma, N. (2011): "Fuel Prices in India's Capital since 2000," <http://in.reuters.com/article/india-fuel-idINL3E7GB2E420110514> (2017 年 7 月 15 日閲覧) .
- [37] WHO (2014): "Media Centre Household Air Pollution and Health," <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/> (2017 年 7 月 15 日閲覧) .
- [38] World Bank (2009): "Poverty & Equity Data," <http://povertydata.worldbank.org/poverty/home/> (2017 年 7 月 15 日閲覧) .
- [39] Yii, K. J. and C. Geetha (2015): "The Essential Elasticity for Energy Demand: An Application of LA-AIDS Model in East Malaysia," *Journal of Scientific Research and Development*, 2, 102-111.

