

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月15日現在

機関番号：82101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22710156

研究課題名（和文） 耐久消費財の寿命分布の簡易推定方法の確立と寿命分布の国際比較分析

研究課題名（英文） Simplified estimation method and cross-national comparison of lifespan distribution of durable goods

研究代表者

小口 正弘（OGUCHI MASAHIRO）

独立行政法人国立環境研究所・資源循環・廃棄物研究センター・研究員

研究者番号：20463630

研究成果の概要（和文）：乗用車等の耐久消費財について、各国の寿命分布の比較分析に基づいてパラメータの一般化を行い、製品の総保有台数と販売台数のみを用いた寿命分布の簡易推定方法を提示した。これを用いて各国の乗用車の平均使用年数を時系列的に推定し、その違いや推移を比較考察した。また、新品販売台数に対して中古輸入台数が無視できない国について、中古輸入製品の製品年齢分布を用いた販売台数の補正に基づく寿命分布の推定方法を提案した。

研究成果の概要（英文）：A simplified method for estimating lifespan distribution of durable goods was established. The method can estimate lifespan distribution only from total number of in-use products and sales data by regarding the shape parameter of the distribution as a constant value regardless of country and time period. By using the established method, average lifespan of passenger cars in over 20 countries was estimated for each year, and the differences and the time-series variations were discussed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：環境工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：寿命分布、耐久消費財、自動車、電気・電子製品、国際比較、物質フロー分析

1. 研究開始当初の背景

自動車や家電製品などの耐久消費財の寿命情報は、使用済み製品やその含有物質のストック・排出量推計、設計上の物理的寿命との比較によるリユースや長期使用の可能性の検討、寿命の国際比較による国際リユースの実態や可能性の議論、製品の環境性能情報と組み合わせた環境負荷評価の基礎データとなる使用中製品の製造年分布の推定など、様々な検討に不可欠な情報である。

これらの応用研究を扱う産業エコロジーの研究分野においては製品の寿命情報の重要性がたびたび指摘されている。しかしながら、国内外の耐久消費財の寿命分布情報のレビューによれば、日本のデータは他国に比べて比較的充実しているものの、特に海外におけるデータの不足は顕著である。このように、その重要性の高さに比して寿命分布の世界的な実データの蓄積量は限られており、データの蓄積が望まれる状況にある。

寿命分布の実データ蓄積を進める上での1つの障害は、寿命分布の推定を自ら行うには多大な労力と費用を要することである。耐久消費財の寿命分布はワイブル分布などのパラメトリックな分布で表現されることが多く、複数のパラメータを同時に推定するために製品年齢別（販売年別）の保有台数など整備に労力や費用を要する詳細なデータが必要となる。代表性のある値を得るためには、製品年齢ごとにある程度以上のサンプル数を確保しなければならず、調査の規模が大きくならざるを得ない。

この点に関連して、研究代表者による先行研究では日本を対象に様々な耐久消費財の寿命分布を推定し、分布の形状パラメータが品目や時期によらず一定値と見なせる可能性を示し、製品年齢別の詳細な保有台数データがない場合の便法として、総保有台数と販売台数のみから簡便に寿命分布を推定できることを示している。総保有台数は製品年齢ごとの保有台数よりも小規模な調査で得ることができることから、より少ない費用と労力で寿命分布の推定が可能となっている。

この知見が国の違いへも同様に応用でき、国によらず分布形状パラメータを一般化できれば、海外諸国においてもより少ない費用と労力で寿命分布の推定が可能になる。これによって、寿命分布の情報蓄積を推進することができ、ひいては先に述べた様々な検討の基礎情報としての活用に大きく貢献するものである。そのためには、様々な国を対象に耐久消費財の寿命分布を統一的なアプローチによって明らかにし、その分析を行うことが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、世界各国における耐久消費財の寿命分布を推定し、そのパラメータの一般化を検討することで、寿命分布の簡易な推定方法を確立することを目指した。また、その簡易推定方法を適用し、世界各国における耐久消費財の平均使用年数を時系列的に推定し、その推移や国による差異を考察した。さらに、新車販売に対して中古輸入台数が無視できない国について、中古輸入製品を考慮した販売台数の補正方法を検討し、販売台数の補正を行った上で寿命分布の推定を行った。本報告書では、基礎情報が比較的整備されており十分な検討が可能であった乗用車を対象とした研究成果を述べる。

3. 研究の方法

(1) 製品年齢別保有台数に基づく寿命分布の推定

製品年齢別の保有台数と対応する年の新車販売台数から製品年齢別の残存割合を求め、各国の乗用車の寿命分布を推定した。

まず、 i 年前に新車として販売された乗用車の t 年末における保有台数 N_t を i 年前の新車販売台数 P_i で除して、ある時点における新車販売年ごとの残存割合 N_t/P_i を求めた。この N_t/P_i をワイブル分布の累積確率密度関数 $W(y)$ を用いて表現した残存割合関数 $R(y)$

((1)式)でフィッティング(最小二乗法)し、平均使用年数 y_{av} と寿命分布の幅の程度を示す形状パラメータ b を推定した。

$$R(y) = 1 - W(y) \\ = \exp[-\{y/y_{av}\}^b \cdot \{\Gamma(1+1/b)\}^b] \quad (1)$$

ここで、 y は製品年齢(車齢)、 Γ はガンマ関数、 $R(y)$ は製品年齢 y 年の製品の残存割合である。

なお、 P_i は1年間の販売台数であることから、同じ年に販売された自動車でもその使用年数には最大で1年の違いがある。この点を考慮した上で離散値である N_t/P_i を連続な関数 $R(y)$ でフィッティングするため、 P_i は全て各年の6月末に販売されたとみなして車齢 $y=i+0.5$ 年とし、これに対する N_t/P_i を $R(y)$ でフィッティングした。

なお、乗用車の場合、製品年齢 i が十数年以上(販売年が十数年以上前)の販売台数は合計値のみが提供されている情報源も多い。そこで、総保有台数の計算値と統計値が整合する推定結果を得るため、保有台数が合計値しか提供されていない製品年齢区分(a 年以上)の合計保有台数について、統計値 N_t と $R(y)$ と P_i による計算値が一致する((2)式を満たす)ことを制約条件とし、(1)式によるフィッティングを行った。

$$\sum N_t = \sum \{R(i+0.5) \cdot P_i\} \quad (i \geq a) \quad (2)$$

製品年齢別保有台数および新車販売台数データは、米国 R. L. Polk & Co. 社 Parc/NewReg データベース、日本自動車工業会世界自動車統計年報、FOURIN 社世界自動車統計年刊、国際道路連盟国際道路統計 (IRF-WRS) および各国の自動車関連業界の統計データから得た。複数の情報源からデータが得られた場合には、情報源間の整合を確認した上で妥当と考えられるデータを用いた。

(2) 分布形状パラメータの一般化と寿命分布の簡易推定方法

寿命分布の形状パラメータを国によらず一定値と見なして残存割合 N_t/P_i を再度フィッティングし、得られた平均使用年数の値を(1)の最小二乗推定値と比較することで形状パラメータの一般化の可能性を検討した。また、いくつかの国については、複数年次について同様の分析を行い、時期によらない形状

パラメータの一般化の可能性も検討した。

形状パラメータを一定値と見なすことで、(1)式は平均使用年数 y_{av} のみをパラメータとする関数となる。これにより、総保有台数の統計値と計算値が一致する ((3)式を満たす) ように y_{av} を求めることで、総保有台数と販売台数のみから寿命分布を簡易に推定できるようになる。

$$\sum N_i = \sum \{R(i+0.5) \cdot P_i\} \quad (i \geq 0) \quad (3)$$

(3) 簡易推定方法を適用した平均使用年数の推定

(2)で検討した形状パラメータの値を適用した寿命分布の簡易推定方法を適用し、総保有台数と販売台数の時系列データから各国における乗用車の平均使用年数を時系列的に推定した。総保有台数データは(1)に記した情報源から得た。複数の情報源からデータが得られた場合には、情報源間の整合を確認した上で妥当と考えられるデータを用いた。

(4) 中古輸入製品を考慮した国内販売台数の補正と寿命分布の推定

乗用車の保有台数データは各国の登録制度に基づくため、登録が確実になされている限りは中古輸入車の台数も含まれている。一方で中古輸入車は販売台数には含まれない。このため、新車販売台数に対して中古輸入台数が無視できない国については、中古輸入車の台数と製品年齢を考慮して各年の販売台数を補正した上で残存割合を求めることが必要となる。そこで、下記の方法で実際の中古輸入車に関するデータを用いた推定を行い、中古輸入車を考慮した販売台数の補正方法を検討した。

中古輸入車の製品年齢分布データを各年の中古輸入台数に乗じて年式別の中古輸入台数を求め、新車販売台数へ加算することで各年の販売台数の補正を行った。

$$P'_i = P_i + \sum \{I_{i+j} \cdot a(j)\} \quad (j=0 \sim i) \quad (4)$$

ここで、 P'_i は中古輸入車を考慮した i 年前の補正後販売台数、 I_{i+j} は $(i+j)$ 年前の中古輸入台数、 $a(j)$ は中古輸入車全体に占める製品年齢 j 年の中古車台数の割合である。

この補正後販売台数 P'_i を用いて残存割合 N_i/P'_i を計算し、中古輸入車を考慮した寿命分布の推定を行った。

4. 研究成果

(1) 製品年齢別保有台数データに基づいて推定した各国の寿命分布

表1に各国における乗用車の寿命分布(残存割合の分布)パラメータの最小二乗推定値(2008年末)を示す。推定は複数情報源から

のデータの整合や中古輸入台数の影響等を確認した上で18カ国を対象に行った。

表1 乗用車の寿命分布パラメータ推定値(2008年末)

国	平均使用年数 y_{av} (年)	形状パラ メータ b	決定係数 R^2
オーストリア	15.4	4.1	0.99
ベルギー	12.0	2.2	0.98
デンマーク	16.8	3.6	0.99
フィンランド	22.0	2.9	1.00
フランス	15.2	4.2	1.00
ドイツ	13.7	3.1	0.96
アイルランド	13.0	4.0	0.98
イタリア	14.1	4.0	1.00
オランダ	15.1	3.7	1.00
スペイン	18.0	4.7	0.99
スイス	14.1	3.4	0.99
英国	13.5	3.9	0.98
日本	13.3	3.4	0.98
韓国	13.0	2.7	0.98
オーストラリア	22.6	3.0	0.98
カナダ	15.4	4.3	0.92
米国	16.2	2.8	0.98
ブラジル	17.4	3.2	1.00

2008年末における平均使用年数は国によって大きく異なり、11.8~22.6年の値をとった。平均使用年数はベルギー、ドイツ、アイルランド、英国、日本、韓国などで比較的短く、フィンランド、スペイン、オーストラリアなどで比較的長い値となった。また、形状パラメータも国によって異なり、2.2~4.7の値をとった。 $R(y)$ によるフィッティングの決定係数は0.92以上と高く、統計値は $R(y)$ でよく近似できた。この結果は、推定対象国について保有・販売台数統計データがよく整備されていることを示しているともいえる。

(2) 分布形状パラメータの一般化と簡易推定方法による推定の妥当性検証

形状パラメータを(1)で推定された18カ国の値の平均値3.5で固定して残存割合 N_i/P_i 再フィッティングを行い、平均使用年数の再推定を行った。

形状パラメータを3.5で固定した場合の各国の平均使用年数の再推定値は、ベルギーを除いて表1に示した最小二乗推定値と大きく変わらず(±0.7年以内)、フィッティングの決定係数も0.91以上と高かった。この結果より、自動車の寿命分布の形状パラメータは、様々な国について一定値と見なすことができると考えられた。ベルギーについては y_{av} の最小二乗推定値と再推定値の差が1.5年とやや大きく、再推定の決定係数は0.81とややあてはめが悪くなったことから、データの精査を含めた更なる検討が求められる。

また、製品年齢別の保有台数データが過去に遡って得られた日本、ドイツ、英国につい

て、2000年から2008年までのデータを用いた同様の解析を行った。いずれの年次についても形状パラメータを3.5として推定を行ったが、平均使用年数の値およびフィッティングの決定係数は(1)の最小二乗推定によるものと大きく変わらなかった。日本については年次によらず形状パラメータを一定値と見なせることが先行研究で明らかにされているが、日本以外の国においても同様のことがいえることが明らかになった。

また、ドイツ、英国、米国について形状パラメータを3.5と見なした簡易推定方法を適用して各年の平均使用年数を推定したところ、製品年齢別保有台数データに基づいて推定した値と比べて±0.5年の範囲に収まった。この結果より、形状パラメータを一定値と見なした簡易推定方法は平均使用年数を時系列的に精度よく推定できると考えられた。

(4) 簡易推定方法を適用した平均使用年数の推定

(3)の検討結果に基づき、形状パラメータを3.5と見なした簡易推定方法を適用して、総保有台数と新車販売台数の時系列データから各国における乗用車の平均使用年数の推移を推定した。(1)の18カ国に加え、ポルトガル、スウェーデン、メキシコ、中国、台湾を推定対象とした。推定結果を図1に示す。

得られた平均使用年数は、中国、ベルギー、アイルランド、韓国、日本、英国、ドイツなどで短く、オーストラリア、フィンランド、メキシコ、ポルトガル、台湾などで長い傾向があった。代表的な社会経済指標（1人あたりGDP、GDP成長率など）や乗用車や交通関係指標（生産台数、1人あたり保有台数、国土面積あたり道路延長密度、旅客輸送量など）との関係を見てみたところ、平均使用年数が短い国では乗用車生産台数が多い（日本、ドイツ、韓国）、道路延長密度が高い（ベルギー、英国、韓国）などの特徴がみられた。また、中国についてはGDP成長率（実質）が10%を超える、人口1人あたりの乗用車保有台数が0.01台前後であり普及率が極端に低いといった特徴が見られ、保有が富裕層に偏っているために買い替えサイクルが短くなっている可能性もあると考えられた。一方、平均使用年数が長い国では乗用車生産台数が少ない（オーストラリア、フィンランド、ポルトガル、台湾）、道路延長密度が低い（メキシコ、オーストラリア、フィンランド）などの特徴が見られた。

2000年から2008年までの推移をみると、乗用車の平均使用年数はオーストラリア、ベルギー、ドイツ、アイルランド、イタリア、スペイン、ブラジル、スウェーデンにおいてはほぼ横ばいであった。その他の国は、メキシコを除いて長期化傾向にあり、特にフィンラ

ンド、スイス、韓国、米国、ポルトガル、台湾においては+2~4年と顕著な長期化傾向が見られた。メキシコについては入手可能な統計データの制約上、近年の推定値しか得られておらず傾向を読むことは難しいが、2006年から2008年の限られた推定値では平均使用年数が短期化していた。

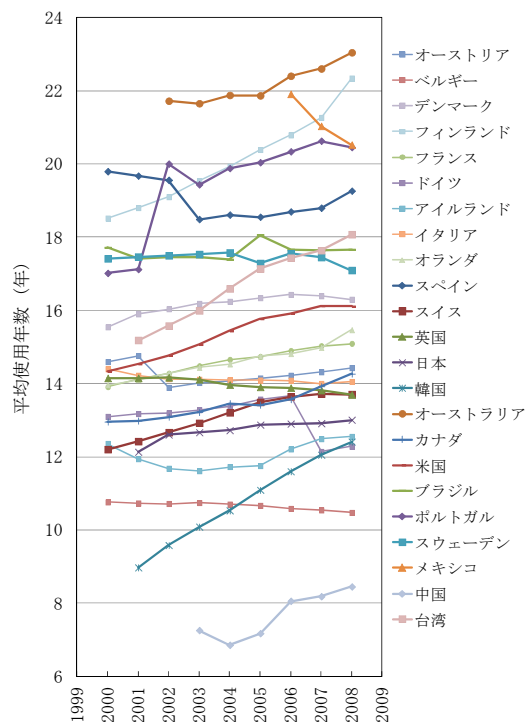


図1 乗用車の平均使用年数の簡易推定結果

(5) 中古輸入製品を考慮した国内販売台数の補正と寿命分布の推定

中古輸入製品を考慮した販売台数補正結果として、中古車輸入が特に多い国の1つであるニュージーランドについて2006年末までの中古輸入を考慮して補正を行った例を図2に示す。中古輸入車の製品年齢分布は、実際に調査されたデータを正規分布近似したものをを用いた。年式別中古輸入台数(= $\sum \{I_{t+j} \cdot a(j)\}$, $j=0 \sim i$)は製品年齢分布を用いて2006年末までの中古輸入台数を年式別に配分したものであり、これを新車販売台数 P_i に加算したものが補正後販売台数 P_i' である。なお、年式別中古輸入台数のうち最新年から遡って10年間程度については、どの時点までの中古輸入製品を考慮して補正を行うかによって異なってくることを理解しておく必要がある。例えば図2のケースでは、1995~2006年頃の年式の中古車が2007年以降も数多く輸入されるため、2007年以降の寿命分布を推定する際には補正值が異なってくる。

この補正後販売台数を用いて求めた2006年末時点の寿命分布(残存割合分布)を図3に示す。寿命分布は2つの山を持つ形状とな

っていることがわかる。使用年数0年から5年にかけては新車として販売された乗用車の残存割合の低下を主に示しているものと推察される一方、使用年数10年付近に見られる残存割合の上昇は中古輸入によるものを示している可能性が高い。このように、中古輸入車の台数と製品年齢分布データをもとに中古輸入車を考慮した寿命分布を推定することは手法的に可能であると考えられる。しかしながら、分布全体を1つの分布関数で近似することは難しいと考えられ、複数の分布関数の混合分布として分析する必要があると考えられた。

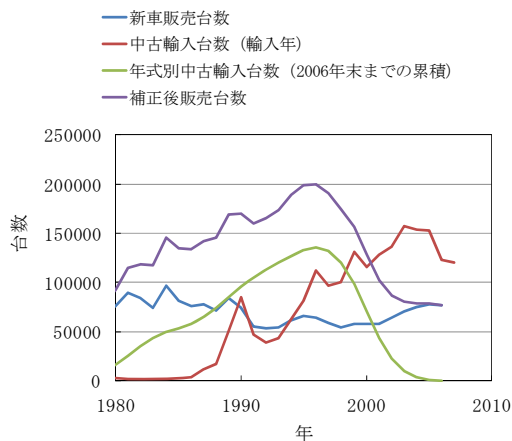


図2 中古輸入車を考慮した販売台数補正結果 (ニュージーランドの例、2006年末まで)

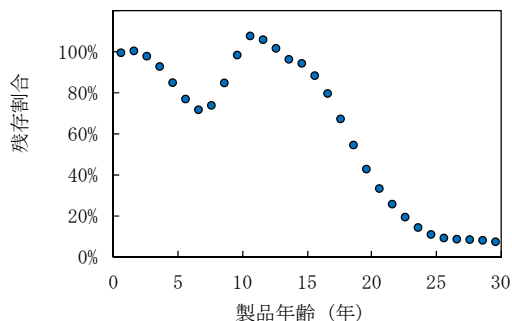


図3 中古輸入車を考慮して求めた寿命分布 (ニュージーランドの例、2006年末)

(6) 成果の位置づけと今後の展望

本研究では、乗用車を中心に寿命分布の形状パラメータを国によらず一定値と見なし、差し支えないことを示し、寿命分布のより簡易な推定方法を示した。いくつかの電気電子製品についても一部の国のデータを分析し、同様に形状パラメータを一般化できる可能性を見出している。これらの成果は、様々な国、製品の寿命分布情報をより容易に推定、蓄積することを可能とする。また、簡易推定方法を用いて実際に様々な国における乗用車の寿命分布を時系列的に明らかにした。こ

の成果からさらに各国の製品ストックや排出量の推計等へ展開が可能である。

一方、中古輸入製品の無視できない国において寿命分布を推定する際の販売台数の補正方法を提示し、実データに基づく推定を行った。中古製品の国際的な移動が存在するこの状況下において寿命分布を推定するための重要な視点を推定方法に取り込むことができた。中古輸入製品のデータを蓄積してさらに実証を進め、発展途上国における使用済み耐久消費財の適正処理への活用を念頭に、製品寿命の実態把握とストック・排出量推計へ展開することが期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Shinsuke Murakami, Masahiro Oguchi, Tomohiro Tasaki, Ichiro Daigo, Seiji Hashimoto, Lifespan of commodities, Part. I: The creation of a database and its review, Journal of Industrial Ecology, 査読有, Vol.14, 2010, 598-612 DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00250.x
- ② Masahiro Oguchi, Shinsuke Murakami, Tomohiro Tasaki, Ichiro Daigo, Seiji Hashimoto, Lifespan of commodities, Part. II: Methodologies for estimating lifespan distribution of commodities, Journal of Industrial Ecology, 査読有, Vol.14, 2010, 613-626 DOI:10.1111/j.1530-9290.2010.00251.x

[学会発表] (計4件)

- ① 小口正弘、布施正暁、耐久財の使用年数分布の国際比較分析、第7回日本LCA学会研究発表会、2012年3月7日、野田市
- ② Masahiro Oguchi, Masaaki Fuse, Cross-national comparison of lifespan distribution of durable goods, 6th International Conference on Industrial Ecology, 2011年6月10日, Berkeley, USA

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小口 正弘 (OGUCHI MASAHIRO)
独立行政法人国立環境研究所・資源循環・廃棄物研究センター・研究員
研究者番号：20463630

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし