

コンジョイント分析による製品LCAデータの経済評価

鷲田豊明（神戸大学）・國部克彦（神戸大学）・栗山浩一（早稲田大学）

1. 報告内容

- ・ LCAデータと経済評価
- ・ コンジョイント分析とは
- ・ 実証研究（エアコン）
- ・ 環境保全型製品のグリーン価格
- ・ おわりに

2. LCAデータと経済評価

環境保全型商品の開発と普及に向けて、製品の製造から廃棄までのすべての段階での環境に与える影響を評価するライフサイクル・アセスメント(LCA)が注目されている。LCA インベントリー分析では、例えば、温暖化ガス負荷が トン、大気汚染負荷が $\times \times m^3$ のように製品の環境負荷が物量単位で評価される。LCA は、消費者が製品を選択するときや、生産者が製品を設計するときに情報を提供する役割が期待されている。しかし、物量単位の評価では単位が異なるため比較ができないため、総合的な環境負荷指標の開発が求められている。また、LCA データが消費者に提供されたときに、環境保全型製品の製品価格はどのような影響を受けるのかに関心が集まっている。いわゆる「グリーン価格」の評価である。

そこで、本研究では、LCAインベントリー分析と社会経済評価を接合することで、LCAデータの総合指標化を行い、さらにグリーン価格の評価を試みる。具体的には、多属性の製品を属性単位で評価できる「コンジョイント分析」を用いて、エアコンを対象に実証研究を行う。

コンジョイント分析は、主にマーケティング・リサーチや計量心理学の分野で発展してきた手法であり、環境経済学の分野では 1990 年代に入ってから実証研究が開始されたばかりの最新の手法である。コンジョイント分析の特徴は、多数の属性によって構成される仮想的な製品を回答者に提示して質問を行うことで、製品価値を属性単位で評価する点である。

3. 実証研究（エアコンの評価）

ここでは、家庭用エアコンを対象にコンジョイント分析による実証研究を行う。家庭用エアコンの通常性能として冷暖房パワー、消費電力、価格を採用し、それ以外の環境属性としてリサイクル率、温暖化ガス排出、大気汚染物質排出を用いた。このうち、温暖化ガス排出と大気汚染物質排出はライフサイクル・インベントリー分析によって得られた LCA 情報である。ここで用いた属性と水準は表 1 のとおりである。

これらの属性を組み合わせで作成した製品プロファイルを回答者に提示するが、ここではACAとランキングの二種類の質問形式を採用した。ACAはコンピュータ・インタビューを用いた調査方法で、属性単位の重要性、ペアワイズ評定、完全プロファイル評定の3つの質問形式を組み合わせで評価を行う。図1はACAの最も特徴的なペアワイズ評定の質問例を示したものである。回答者には27種類の質問が示された。一方、ランキングは

表1 コンジョイント分析で用いたエアコン属性一覧

属性	水準1	水準2	水準3	水準4
冷暖房パワー	6畳用	8畳用	10畳用	12畳用
電気代	2000円	3000円	4000円	5000円
リサイクル率	50%	60%	75%	90%
温暖化ガス排出	0.14トン (標準の60%)	0.18トン (標準の80%)	0.23トン (標準と同じ)	0.28トン (標準の120%)
大気汚染物質排出	60立方メートル (標準の60%)	80立方メートル (標準の80%)	100立方メートル (標準と同じ)	120立方メートル (標準の120%)
価格	10万円	15万円	20万円	25万円

複数の製品プロファイルを回答者に提示して、好ましい順番にプロファイルを並び替えてもらう。図2はランキングの質問例である。ランキングは一人の回答者に10種類の質問が行われた。ACAの調査は1999年1月に東京銀座で、ランキングの調査は2月に東京渋谷で行われ、どちらも102サンプルが回収された。調査方法は会場集合型、サンプル抽出はモールドラッピングである。

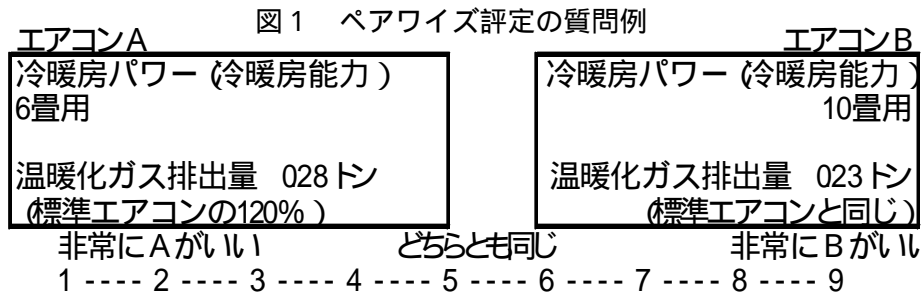


図2 ランキングの質問例

番号	1	2	3	標準製品
製品の価格	10万円	15万円	20万円	
リサイクル率	50%	60%	75%	60%
温暖化ガス排出 (標準製品との比較)	120%	100%	80%	0.23トン (100%)
大気汚染物質排出 (標準製品との比較)	120%	100%	80%	100立方メートル (100%)
電気代(一ヶ月)	2000円	3000円	4000円	
	1番望ましい製品	2番目に望ましい製品	どれも望ましくない	

4. 推定方法

ペアワイズのモデル

ランダム効用モデルを用いて回答者の効用関数を $U_j = V_j(\mathbf{x}_j, p_j) + \mathbf{e}_j$ と仮定する。ただし、 U_j は製品 j の効用、 \mathbf{x}_j は製品 j の属性ベクトル、 p_j は製品 j の価格、 \mathbf{e}_j は誤差項である。ペアワイズで対立する製品 j と k が提示されたとき、二つの製品の効用差は $dU_{jk} = (\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_k) + \mathbf{b}_p(p_j - p_k) + \mathbf{e}_{jk}$ となる。ただし、 \mathbf{b} は属性のパラメータ、 \mathbf{b}_p は価格の限界効用である。ここで誤差項 \mathbf{e}_{jk} が $N(0, \mathbf{S}_p^2)$ の正規分布に従うと仮定すると、順序プロビットにより分析できる。回答者が選択肢 r_{jk} を選ぶ確率は

$$\Pr[r_{jk} = s] = \Pr[\mathbf{a}_{s-1} \leq dU_{jk} < \mathbf{a}_s] = \Phi\left(\frac{\mathbf{a}_s - dV_{jk}}{\mathbf{S}_p}\right) - \Phi\left(\frac{\mathbf{a}_{s-1} - dV_{jk}}{\mathbf{S}_p}\right) \quad s=1,2,\dots,9 \quad (1)$$

となる。ただし、 Φ は標準正規分布の分布関数、 a_s は閾値パラメータである。

なお、ACA はペアワイズ以外にも重要性や完全プロファイル評定型の質問も行っているが、重要性は1属性のペアワイズとみなすことができる。また、完全プロファイル評定型はTobitにより推定できる。これらの質問は次式の数尤度関数を用いると、最尤法により結合推定が可能である。

$$LL_{joint} = LL_p(\mathbf{b}, \mathbf{s}_p^2) + LL_F(\mathbf{b}, \mathbf{s}_F^2) \quad (2)$$

ただし、 LL_p はペアワイズおよび重要性の数尤度関数、 LL_F は完全プロファイル評定型の数尤度関数、 σ_p^2 はペアワイズの誤差項の分散、 σ_F^2 は完全プロファイル評定型の誤差項の分散である。

ランキングのモデル

製品プロファイルの集合Cの中から回答者が製品jを選択する確率 P_j は、jを選んだときの効用 U_j がその他の製品kを選んだときの効用 U_k よりも高くなる確率である。ここで、誤差項がワイブル分布に従うと仮定すると

$$P_j = \Pr(U_j > U_k, \forall k \in C) = \Pr(V_j - V_k > \mathbf{e}_k - \mathbf{e}_j, \forall k \in C) \\ = \exp(V_j) / \sum_k \exp(V_k) \quad (3)$$

となる。例えば、3つの製品のランキングが(1 > 2 > 3)の順序のとき、この選好順序となる確率は

$$P_{123} = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(V_2) + \exp(V_3)} \cdot \frac{\exp(V_2)}{\exp(V_2) + \exp(V_3)} \quad (4)$$

限界支払意思額(MWTP)

MWTP は次式により算出した。

$$MWTP_{x_j} = \frac{dp}{dx_j} = - \frac{\frac{\partial V}{\partial x_j}}{\frac{\partial V}{\partial p}} = - \frac{\mathbf{b}_j}{\mathbf{b}_p} \quad (5)$$

なお、推定方法の詳細は鷲田・栗山・竹内編「環境評価ワークショップ」築地書館、1999年を参照されたい。

5. 推定結果

表2 ACA 推定結果

	係数	t 値	p 値
冷暖房パワー1次	0.303821	17.020	0.000
冷暖房パワー2次	-0.015774	-17.051	0.000
電気代	-0.271178	-14.546	0.000
リサイクル率	0.016220	13.633	0.000
温暖化負荷	-0.010996	-13.231	0.000
大気汚染負荷	-0.011202	-14.761	0.000
価格	-0.054466	-16.297	0.000
定数項	3.565409	15.335	0.000
P	0.897213	14.694	0.000
F	1.556206	8.001	0.000
1	-0.820856	-12.602	0.000
2	-0.189247	-6.719	0.000
3	0.208279	8.953	0.000
4	0.596865	14.513	0.000

表3 ランキング推定結果

	係数	t 値	p 値
電気代	-0.290995	-10.556	0.000
リサイクル率	0.013769	6.817	0.000
温暖化負荷	-0.011414	-7.784	0.000
大気汚染負荷	-0.009265	-7.332	0.000
価格	-0.050902	-9.315	0.000

ACA データについては順序プロビットおよびトービットの結合推定が行われ、ランキングデータについてはランク順序ロジットによる推定が行われた。推定結果は表2および表3のように、いずれもすべての変数が1%水準で有意であった。表4は推定された限界支払意思額を示している。ACA とランキングの結果は接近しており、温暖化負荷改善は1 kg あたり 900 円前後、大気汚染負荷改善は1 m³ あたり 2000 円前後であった。

表4 推定された限界支払意思額

属性	冷暖房パワー 万円/畳	電気代 円/円	リサイクル率 円/%	温暖化負荷改善 円/Kg	大気汚染負荷改善 円/m ³
ACA	2.1	49.8	2978	877.9	2056.7
ランキング		57.2	2705	974.9	1820.2

図3 低 LCA 負荷製品の市場占有率

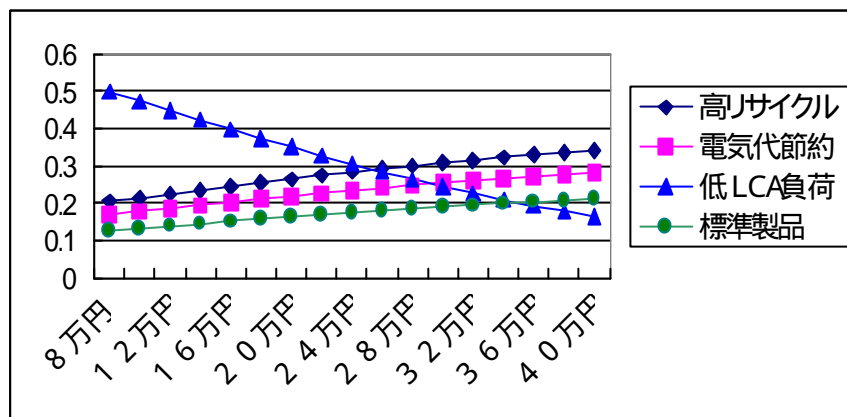


図3は低LCA負荷のエアコンが販売されたときの市場占有率を示したものである。ここでは高リサイクル型、電気代節約型、低LCA負荷型、標準製品の4種類を考える。低LCA負荷型は、温暖化ガス排出量が標準製品の60%とする。この図は、低LCA負荷型以外の製品価格は20万円で固定されていたとき、低LCA負荷型のみ製品価格が変化したときの市場占有率の変化を示している。これより、低LCA負荷製品は、24万円以下であれば最大の市場占有率を獲得できる。

6. 結論

LCAデータの経済評価

温暖化ガス 878-975 円 / kg

大気汚染 1,820-2,057 円 / m³

環境保全型製品の市場性

通常製品 20万円

低LCA負荷製品 24万円

今後の課題

エアコン以外の製品でも同様な評価額が得られるのか？