

グループファジィ AHP による

環境意識を考慮した低公害車購入評価に関する研究

A Study on Evaluation of the Purchase for Low Pollution Cars in Consideration of Environmental Consciousness
by using Group Fuzzy AHP

北海道大学大学院工学研究科 ○学 生 員 田村 香奈 (Kana TAMURA)
北海道大学大学院工学研究科 正 員 日野 智 (Satoru HINO)
北海道大学大学院工学研究科 正 員 岸 邦宏 (Kunihiro KISHI)
北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 馨一 (Keiichi SATOH)

1. はじめに

近年、全世界的に温室効果ガスによる地球温暖化が深刻な問題となり、我が国でも温室効果ガスの排出削減に関して積極的な対策を講じる必要性に迫られている。

我が国の二酸化炭素排出量のうち運輸部門は2割を占め、さらにそのうちの9割が自動車関係である。このため、自家用車からの排出削減が急務となっている。しかし、自家用車は人々の生活にとって欠かせないものとなっている。現在、この問題の解決策として、自家用車の利用そのものをなくすことではなく、自家用車における低公害車の普及が国や地域の推進とともに急速に進められている。

自家用車の低公害化は人々にとって身近な問題であるが、自家用車購入の意思決定者は個人であり、高額な支出を伴うため、自動車選択は個人の自動車に対する価値観の差によるところが大きい。よって低公害車の普及促進のためには自家用車購入における個人の選好意識とコスト負担意識を社会全体のグループとして明らかにする必要がある。

本研究では、環境意識によるグループ分けを行い、従来の得点化ではなくグループとしての曖昧性を表現する方法としてグループファジィ AHP を用いて、自家用車購入意識、自家用車利用における環境を配慮する意識を明らかにする。同時に、低公害車に対するコスト負担意識をロジット型価格感度測定法 (KLP) を用いて評価し、今後の低公害車の普及に対して、環境意識面から分析を行うものである。

2. グループファジィ AHP

2.2 グループファジィ AHP

従来の AHP 法では、複数の評価者の意見を取り入れるにあたって、広がりをもたない一対比較値を入力分析し、最終的な重要度をひとつの確定値で求めるものである。一般にこの確定値は複数の評価者が個々に得た値とは異なるものであり、この結果がグループ全体で容認できるかどうか問題となる。

本研究で用いるグループファジィ AHP はグループの一対比較値を曖昧性を備えた幅を持って評価する。すなわち、ファジィ数を用いて、グループの曖昧性をそのまま評価し、重要度をメンバシップ関数で表すものである。

2.2 ファジィ AHP の計算法

(1) ファジィ AHP 法

AHP の評価項目に関する一対比較値や代替案に関する一対比較値がファジィ値で与えられたという条件のもとで、代替案総合重要度をファジィ値として求める問題を本研究においてファジィ AHP と呼ぶ。本研究ではファジィ AHP において、評価項目が n 種類、代替案が m 個の単階層の問題を取り上げる。AHP の評価項目に関する一対比較行列 A の (i,j) 成分 A_{ij} , $i \neq j$ がファジィ数で与えられ、評価項目 i に対する代替案同士の一対比較行列 B_i の (k,l) 成分 B_{kl} , $k \neq l$ がファジィ数で与えられているとして以下の計算を行う。

(2) 境界確率変数の導入

ファジィ数 a がメンバシップ関数 $\phi_a(x)$ とともに与えられているとき、 a の左右のメンバシップ関数 $\phi_a^L(x)$, $\phi_a^R(x)$ を式(1)のように定義する。

$$\phi_a^R = \max_{t \geq x} \phi_a(t), \quad \phi_a^L = \max_{t \leq x} \phi_a(t) \quad \cdots(1)$$

ただし、 $\phi_a(x)$ は単峰であると仮定する。

次に、これらの左右のメンバシップ関数を累積分布関数として持つような確率変数 a^L , a^R を導入する。(式(2))

$$\Pr\{a^L \leq x\} = \phi_a^L(x), \quad \Pr\{a^R \geq x\} = \phi_a^R(x) \quad \cdots(2)$$

このように二つの確率変数 a^L , a^R を導入すると、これらの対はファジィ数 a のメンバシップ関数の持つ情報をすべてもっていることから、 a を式(3)のように表すことができる。

$$a = (a^L, a^R) \quad \cdots(3)$$

(3) ファジィ数の計算

ファジィ数の計算技法として和、積、幾何平均、内積を式(4)~(7)に示す。

$$a + b = (a^L + b^L, a^R + b^R) \quad \cdots(4)$$

$$a \cdot b = (a^L \cdot b^L, a^R \cdot b^R) \quad \cdots(5)$$

$$\left(\prod_{i=1}^n a_i \right) = \left(\left(\prod_{i=1}^n a_i^L \right), \left(\prod_{i=1}^n a_i^R \right) \right) \quad \cdots(6)$$

$$\sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i = \left(\sum_{i=1}^n a_i^L \cdot b_i^L, \sum_{i=1}^n a_i^R \cdot b_i^R \right) \quad \cdots(7)$$

(4) 評価項目の重要度計算

一対比較行列 A の (i,j) 成分 A_{ij} , $i \neq j$ がファジィ数で与えられるとき、 A の各行についての幾何平均 A_i , $i=1,2,\dots,n$ を求める(式(8))。

$$A_i = \left(\prod_{j=1}^n A_{ij} \right)^{1/n} \quad \cdots(8)$$

ただし、 A_{ij} はファジイ数として入力されたものであり、左右の境界確率変数 A_{ij}^L, A_{ij}^R を用いて式(9)のように構成されている。よって幾何平均 A_i も左右の確率変数の対によって構成される。

$$A_{ij} = (A_{ij}^L, A_{ij}^R) \quad \cdots(9)$$

評価項目 i の重要度 a_i を式(10)によって求める。ここで、 A_i は A_i のファジイ中央値である。

$$a_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \cdots(10)$$

(5) 評価項目ごとの代替案の重要度計算

評価項目 $i, i=1,2,\dots,n$ ごとに、代替案 $k, k=1,2,\dots,m$ の重要度 b_{ik} をファジイ値として求める計算手順を以下に記す。

はじめに、評価項目 i に対する代替案一対比較行列 B_i の各行列について幾何平均 B_{ik} を次式によって求める。

$$B_{ik} = \left(\prod_{l=1}^m B_{ikl} \right)^{1/m} \quad \cdots(11)$$

次に、評価項目ごとの代替案重要度 b_{ik} を式(12)によって求める。

$$b_{ik} = \frac{B_{ik}}{\sum_{k=1}^m B_{ik}} \quad \cdots(12)$$

ただし、以上の計算技法を持って重要度の左右の境界値分布を解析的に導くことは、計算過程が複雑で困難である。本研究では、多数の乱数を発生させて、その下で計算された頻度分布を用いることにより、累積確率計算の代用とした。

3. 低公害車の導入促進に関する意識調査の実施

本研究では、自家用車の低公害車への転換に可能性がある人を対象に意識調査を行うこととした。今回は、交通に関するフォーラムの出席者を対象として意識調査を実施した。調査概要を表1に示す。

表1 意識調査の概要

調査対象	交通に関するフォーラム出席者
調査日	平成14年12月3日
調査場所	フォーラム会場
調査方法	直接配布・回収
配布票数	300票
回収票数(回収率)	182票(60.7%)

4. 意識調査分析

(1) 属性結果

今回の調査ではフォーラム出席者を対象としたため男性が9割、会社員・公務員が9割を占めたが、年代は20代～50代まで均等に回答を得ることができた。また、自家用車保有率、自家用車を週1,2回以上利用する人は9割を占めた。

(2) 環境に対する意識結果

環境への配慮からアイドリングストップや公共交通への転換を心がけているかどうかについては53%が心がけていると答えた。また、自分自身の自家用車利用の面から

環境を配慮する意識については、図1に示す結果となった。

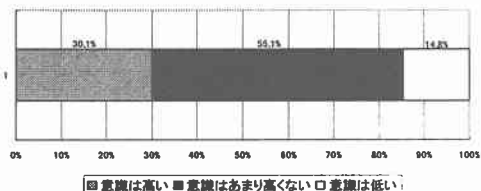


図1 自家用車利用における環境意識

(3) AHPによる意識調査

本研究では自家用車購入時の自家用車選択において、図2における階層図を作成した。評価項目の一対比較値は調査により答えてもらい、評価項目ごとの代替案の得点付けは客観的に行った。AHP法による幾何平均のウェイト値を表2に示す。

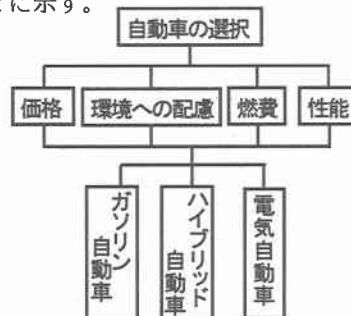


図2 本研究の階層図

表2 幾何平均による評価項目及び代替案重要度(全体)

評価項目	ウェイト	代替案	ウェイト
価格	0.264	ガソリン自動車	0.408
環境への配慮	0.192	ハイブリッド自動車	0.271
燃費	0.248	電気自動車	0.321
性能	0.296		
整合度	0.019		

(4) ファジイ AHP を用いた分析

次に、全体におけるファジイ AHP を行う。ファジイ数として一対比較値による全体での最小値、最大値、及び幾何平均値を(最小値、幾何平均値、最大値)というように3角ファジイ数として評価項目一対比較値に入力した。ただし、各評価項目の代替案一対比較値は実数値で入力した。結果を図3、図4に示す。

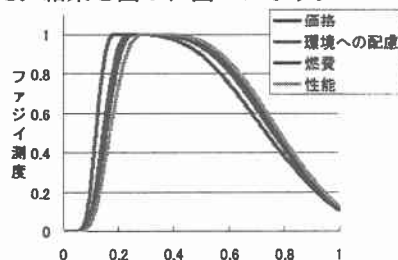


図3 評価項目重要度のメンバーシップ関数(全体)

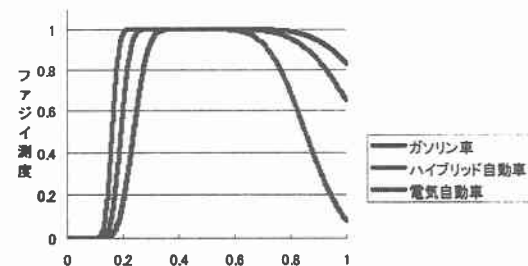


図4 代替案重要度のメンバーシップ関数(全体)

図3より、どの項目も同じ傾向を示している。表2の結果と比較すると測度1で幾何平均によるウェイト値を取っていることが分かる。代替案では電気自動車がハイブリッド自動車を上回る結果となった。また図4に示すように各代替案とも非常に幅の広いウェイト値をもっていることが分かる。

5. 環境意識差によるグループファジィ AHP

(1) 環境意識差によるグループ分け

環境に対する意識によってグループ分けを行う。「自分自身の自家用車利用における環境を配慮する意識は高いと思うか」の問に対して、「意識は高い」と答えた人をグループ①、「あまり高くない」と答えた人をグループ②、「意識は低い」と答えた人をグループ③に分類し、グループファジィ AHP を行った。入力ファジィ数は全体の分析と同様とした。また、幾何平均値による従来の AHP のウェイトも算出した。

(2) 環境意識の高いグループ①の分析結果

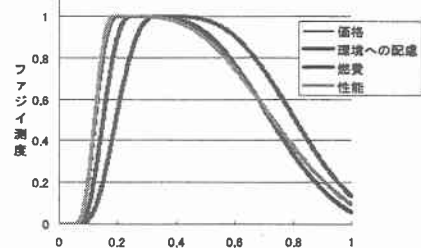


図5 評価項目重要度のメンバシップ関数（グループ①）

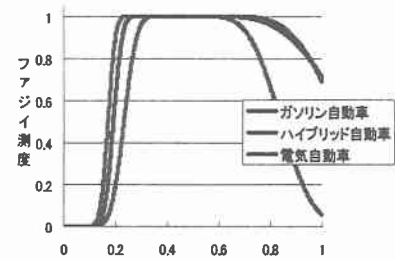


図6 代替案重要度のメンバシップ関数（グループ①）

表3 幾何平均による重要度（グループ①）

評価項目	ウェイト	代替案	ウェイト
価格	0.210	ガソリン自動車	0.314
環境への配慮	0.341	ハイブリッド自動車	0.288
燃費	0.253	電気自動車	0.397
性能	0.196		
整合度	0.047		

図5では環境のメンバシップ関数が他の項目と異なる傾向を示し、幅を広く持つ結果となった。また、図6より、ガソリン自動車と電気自動車がともに高いウェイト値と広い幅を持っていることがわかる。

(3) 環境意識があまり高くないグループ②の分析結果

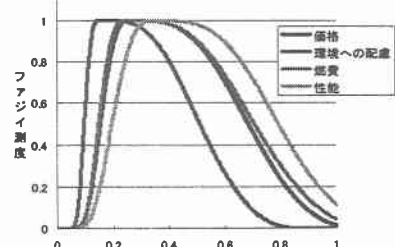


図7 評価項目重要度のメンバシップ関数（グループ②）

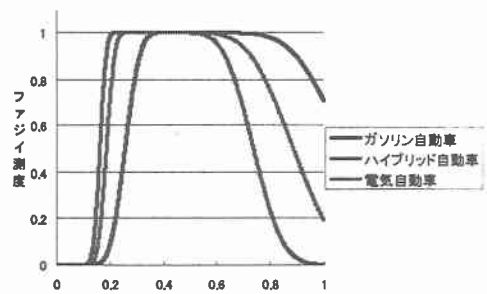


図8 代替案重要度のメンバシップ関数（グループ②）

表4 幾何平均による重要度（グループ②）

評価項目	ウェイト	代替案	ウェイト
価格	0.260	ガソリン自動車	0.433
環境への配慮	0.151	ハイブリッド自動車	0.266
燃費	0.246	電気自動車	0.301
性能	0.343		
整合度	0.014		

図7では価格と燃費が同傾向を示したものの環境のウェイトは低く、性能を重視するという全体の結果と類似する結果となった。高ウェイトになると各代替案の傾向が別れていることがわかる。

(4) 環境意識の低いグループ③の分析結果

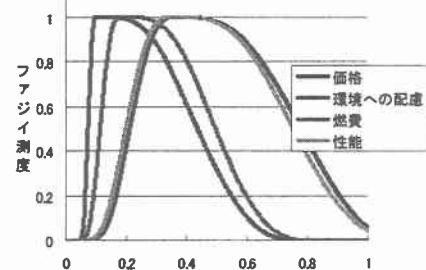


図9 評価項目重要度のメンバシップ関数（グループ③）

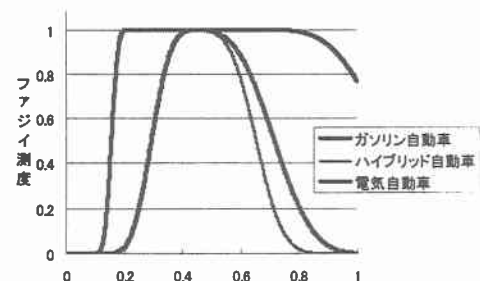


図10 代替案重要度のメンバシップ関数（グループ③）

表5 幾何平均による重要度（グループ③）

評価項目	ウェイト	代替案	ウェイト
価格	0.363	ガソリン自動車	0.501
環境への配慮	0.104	ハイブリッド自動車	0.254
燃費	0.183	電気自動車	0.244
性能	0.350		
整合度	0.011		

図9では価格と性能のメンバシップ関数と、環境と燃費の二極化がメンバシップ関数の特徴から明らかである。図10ではハイブリッド自動車は幅が狭く、電気自動車は高ウェイトでファジィ測度が下がっていることがわかる。

6. グループファジィ AHP による環境意識評価

グループごとの環境の重要度メンバシップ関数を図11に示す。従来の AHP 法では実数値による重要度の算出のみであるため、各グループの意識差を明確に表現す

ることはできない。しかし、メンバシップ関数の形で重要度を表現することができれば、各グループにおいての意識差を明確に表すことができる。グループ②とグループ③が環境に対してほぼ同様の意識傾向にあることが分かる。さらにグループ①が最もウェイトの幅を広く持っているといえる。

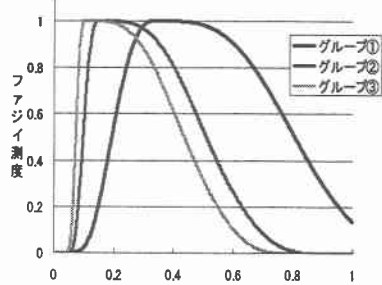


図 11 「環境に配慮」重要度のメンバシップ関数

7. グループファジィ AHP の考察

本研究では、環境意識差ごとにグループファジィ AHP を行った。グループファジィ AHP ではグループの重要度傾向を見ることができる。また、メンバシップ関数の幅が広いほどグループとしての重要度の許容範囲が広く、幅が狭いほど統一された値となる。個人の意思決定では実数値で重要度を決定することに問題はないが、グループの意思決定では必ず曖昧性を伴っている。ファジィ AHP では実数値で意見の集約をするのではなく、可能性を含んだ重要度を示すことができる。よって、可能性範囲を広げることで、評価項目や代替案を重要視することを促すことができると考えられる。

今後はウェイト値を定めてファジィ測度による判断を行うなど、定式的な判断定義をすることが課題である。

8. ロジット型価格感度測定法²⁾による価格分析

(1) KLP による意識調査

本研究では、自家用車選択における低公害車の評価をファジィ AHP を用いて分析した。しかし、実際に自家用車を購入することは高額なコスト負担を伴うもので、低公害車の普及を進めるためには、購入価格分析を行う必要がある。そこで、自家用車購入時に車両本体価格として支払う金額として、KLP における「安いと感じて購入する金額」「高いと感じて購入する金額」「高すぎて購入しない金額」「安すぎて品質に不安を感じて購入しない金額」を質問した。また、新車と中古車の選択を答えてもらった。さらに、「ハイブリッド自動車に対する購入時の車両本体価格」を同様に質問した。その際、自分の購入したいと思う車種で、ハイブリッド自動車があることを仮定して答えてもらった。

(1) KLP による分析結果

本研究では環境に対する自家用車価値を新車（ガソリン自動車）に対してハイブリッド自動車ではどれだけ多く払う価値があるかについて比較する。よって両方の価格について答えた人について分析し、表 6 に新車の購入価格及びハイブリッド自動車の購入価格を示す。

表 6 新車-ハイブリッド自動車購入価格（単位：万円）

	新車購入価格	ハイブリッド自動車購入価格
下限価格	156.5	168.1
上限価格	307.5	306.0
基準価格	232.8	239.4
割安価格	184.4	211.7

基準価格はハイブリッド車に対して 6.6 万円増加した。また、上限価格についてはハイブリッド自動車のほうが低い結果となり、環境に配慮しても自動車購入の予算として上限は変わらないということが伺える。

表 7 グループ①の KLP（単位：万円）

	新車価格	ハイブリッド車価格
下限価格	147.6	178.4
上限価格	292.1	316.4
基準価格	232.1	260.5
割安価格	172.8	223.8

表 8 グループ②の KLP（単位：万円）

	新車価格	ハイブリッド車価格
下限価格	161.5	168.7
上限価格	300.5	298.5
基準価格	235.8	239.8
割安価格	193.4	212.6

表 9 グループ③の KLP（単位：万円）

	新車価格	ハイブリッド車価格
下限価格	163.1	176.1
上限価格	293.7	281.6
基準価格	215.9	227.7
割安価格	197.4	207.7

実際のハイブリッド自動車では小型車ならば 200 万程度で購入できるが、今回の対象者の保有車種は中型、大型車が多く、それに対する価格の結果であるとすれば、ハイブリッド自動車を購入したいと思う人は多い反面、希望する自動車に見合う額のハイブリッド自動車が存在していないことが事実として挙げられる。240 万前後の中型ハイブリッド自動車の必要性が高いといえる。

9. おわりに

本研究ではグループファジィ AHP を用いて環境意識の違うグループの自動車選択意識を明確に表すことができた。また、低公害車に求められる評価項目、低公害車の持つ可能性ウェイトを見ることができた。さらに、KLP 分析によって低公害車を普及させるために妥当な価格を明らかにすることができた。

今回の調査結果より、ハイブリッド自動車より電気自動車のほうがガソリン車に変わって重要視される可能性が高いことがわかった。また、グループファジィ AHP の結果がどれも幅広い重要度を示したことから、自動車の選択は環境への配慮だけで決定することではなく、価格や燃費、性能すべてを考慮した低公害車への取り組みが必要である。現在のような車種限定のハイブリッド自動車で、環境だけを重要視する取り組みは、今後購入し対と思う人々を満足させるものではないと言える。

参考文献

1) 石原辰夫:「グループファジィ AHP に関する一提案」日本経営システム学会誌 vol.19, No.1, pp.59-67, 2002
2) 日野智ら:「積雪寒冷地における山間部高規格幹線道路の整備効果」寒地技術論文報告集 vol.18, pp.96-103, 2002