

原著論文

ファジィ AHP を用いた製品レコメンドシステムの開発

井上 拓子*, 原田 利宣**

* 和歌山大学大学院システム工学研究科, ** 和歌山大学システム工学部

Development of the Product Recommendation System by Using Fuzzy AHP

Hiroko INOUE* and Toshinobu HARADA**

* Graduate School of Wakayama University, Sakaedani 930, Wakayama-city, Wakayama 640-8510, Japan

** Wakayama University, Sakaedani 930, Wakayama-city, Wakayama 640-8510, Japan

Abstract : Recently, recommendation systems and user reviews have attracted attention as aids in searching for desired products by using web information on the products. However, existing recommendation systems require analyzing a user's activity on the web and collecting information from many reviews. Therefore, in this study, we aimed to develop a product recommendation system that does not have these requirements. We used digital cameras and earphones as case studies and, on the basis of perception-of-value information obtained from questionnaires to users, we applied an analytic hierarchy process (AHP) to an analysis and calculated the degree-of-importance values of the evaluation items for each product. We then calculated the product evaluation values of each evaluation item by using user evaluations of products acquired from Kakaku.com Application Program Interface (API). We developed a system that decides the recommendation order of each product by multiplying the degree-of-importance values and evaluation values together by Fuzzy AHP.

Keywords : Fuzzy AHP, Recommendation System, Perception-of-value

1. はじめに

現在、製品の検索や購入の際に、ブログやSNSサイトなどのWEB上の情報を参考にするという消費者が増えている[1]。しかし、WEB上には膨大な製品情報があり、目的の情報へ絞り込むためには多くの条件を設定しなければならない。近年、購入する際の参考情報を得るために、レコメンドシステムとユーザレビューが注目されている[2,3]。しかし、レコメンドシステムの多くはシステム利用者（以下、利用者）がどの製品ページを閲覧したかなどの行動履歴を分析し、そこから利用者の嗜好に合わせた情報を推薦する方法がとられているため、利用者の過去の嗜好情報を蓄積しなければ情報を提供することができない。また、ユーザレビューは多くの文章を読まなければ、製品に関する評価を得ることや比較することができず、利用者にとって大きな負担となる。

近年、利用者の好みを考慮した商品の推薦を行う研究が数多くされており、注目されている[4-7]。しかし、利用者の行動履歴の蓄積を必要とするものや利用者が誰とどこに行くのか（恋人とパーティに行くなど）という状況に関するデータベースを作成し商品情報（ファッションに関する情報）と照らし合わせなければ商品の推薦ができないものなど労力と時間を要する手法の提案が多い。

そこで、本研究では、利用者の行動履歴を必要とはせず、後述する2つの選好基準を用いた製品レコメンドシステム（以下、システム）の開発を目的とした。

具体的には、デジタルカメラとヘッドホン・イヤホンをケー

ススタディとして、価格.com[8]が提供しているWEBサービスの一つである価格.com商品検索API[9]を利用して、価格.comが所有する製品情報（製品名やレビューページURLなど）を取得し、各製品に対する消費者の評価が書かれているレビューページから評価項目（デザイン、機能性など）を抽出した。次に、利用者が評価項目を一对比較した結果から、AHP[10,11]を用いて各評価項目をどの程度重視しているかの割合を算出し重視度とした。この重視度を選好基準1とする。さらに、各製品のレビューページから、製品を使用したことがある消費者が5点満点で製品を採点した得点の平均点である投票平均を抽出した。これら各評価項目において各製品の投票平均を正規化したものを評価値とした。最後に重視度と評価値を掛け合わせた値を総合得点として、ファジィAHP[12,13]を用いて可能性測度、加法性測度、必然性測度のそれぞれの評価測度による推薦順位を決定し提示した。重視度と評価値からどのように総合得点を算出するのか（評価測度）を選好基準2とする。

次に、利用者が重視度と評価値をどの評価測度を用いて総合化し製品を比較しているのかということを探るため検証実験を行った。投票平均の値を基に、利用者自身に製品を購入したいと思う順番に順位付けを行ってもらった。さらに、価格.comが提供する製品ページを閲覧されている数が多い順位（以下、PVランキング[PVはページビューの略]）、システムによって求めた各評価測度による推薦順位、ならびに利用者自身が付けた順位の間でケンドールの一致係数[14,15]を求めた。また、フルピットの基準を用いて評価測度間の順位を算出し、利用者が付けた順位とのケンドールの一致係数

を求めた。これらの結果から、2つのケーススタディにおいて各利用者が用いている選好基準2を明らかにした。

2. AHP, ファジィAHP概説

2.1 AHP概説

本研究で開発するシステムに用いているAHP, ファジィAHPの概要と具体的な算出方法を概説する。

AHP (Analytic Hierarchy Process) とは、アメリカのSaatyが提唱した階層的構造法である。意思決定には、何を決めるかという「問題」、最終的な選択の対象となる「代替案」があり、代替案を1つに絞るための「評価項目」が各代替案間に存在する。デジタルカメラの選定を例として階層的構造(図1)を示し、以下に算出方法を述べる。

まず、階層的構造の最上層には1つの項目からなる問題(デジタルカメラの選定)を置く。次に、意思決定のための評価項目(価格、画質、デザイン、操作性)を設定する。最後に、最下層に選択する代替案(製品A、製品B、製品C)を置き、階層的構造とする。

次に、各階層の項目をそれぞれどの程度重視しているか求めるため一対比較を行う。一対比較は、2つの項目を比較し、どちらをどの程度重視するかを決定していく。問題における評価項目の一対比較、評価項目における代替案の一対比較を行う。2つの項目を一対比較する際に用いる一対比較値とその意味を表1に示す。

例えば「価格」と「画質」の比較において「価格を画質よりやや重視する」場合、評価項目の一対比較の結果をまとめた表2の価格と画質が交わる部分は表1の一対比較値より2を入れる。逆に、画質と価格が交わる部分には先述の一対比

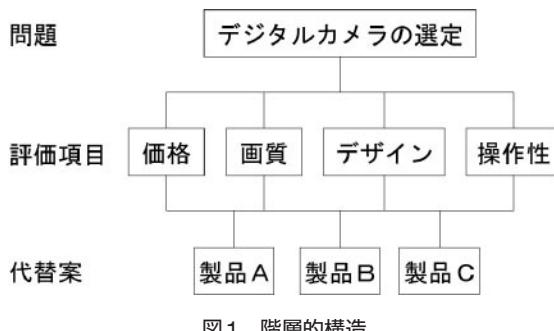


表1 一対比較値と意味

一対比較値	意味
1	両方同じくらい重視する
2	前の項目を後の項目よりやや重視する
3	前の項目を後の項目よりある程度重視する
4	前の項目を後の項目よりかなり重視する
5	前の項目を後の項目より大変重視する
上の数値の逆数	後の項目から前の項目をみた場合に用いる

表2 評価項目間の一対比較例

	価格	画質	デザイン	操作性	W_j
価格	1	2	3	4	0.540
画質	1/2	1	3	4	0.312
デザイン	1/3	1/3	1	2	0.099
操作性	1/4	1/4	1/2	1	0.049

較値の逆数である1/2を入れる。このように評価項目をそれぞれ一対比較した結果を用いて、問題において各評価項目をどの程度重視するか算出したものを重視度(以下、 W_j)とする。その算出方法は成書に譲る[10]。

同様に、各評価項目における代替案の一対比較を行う。例として価格において代替案の一対比較を行った結果を表3に示す。「製品A」と「製品B」を比較し、「製品Aの価格が製品Bの価格よりやや安い」場合、製品Aと製品Bが交わる部分に2を入れる。同様に各評価項目において代替案をすべて一対比較し、前述と同じ算出方法により得られた結果を評価値(以下、 H_{ij})とする。画質、デザイン、操作性についても同様に各代替案の評価値を求める。

求めた W_j と H_{ij} をまとめたものを表4に示す。これを用いて W_j と H_{ij} から各代替案の総合的な評価である総合得点(以下、 T_i)を求める。各代替案の W_j と H_{ij} をそれぞれ掛けた総和を求め、 T_i とすると、

$$T_i = \sum_j W_j H_{ij} \quad (1)$$

i: 代替案, j: 評価項目

と表すことができ、 $T_i = W_1 \times H_{i1} + W_2 \times H_{i2} + W_3 \times H_{i3} + W_4 \times H_{i4}$ となる。表4の結果から各製品の T_i は、
 製品A) $T_1 = 0.540 \times 0.540 + \dots + 0.049 \times 0.2 = 0.389$
 製品B) $T_2 = 0.540 \times 0.297 + \dots + 0.049 \times 0.4 = 0.427$
 製品C) $T_3 = 0.540 \times 0.163 + \dots + 0.049 \times 0.4 = 0.185$
 となり、①製品B、②製品A、③製品Cの順位に好ましいとなる。

表3 評価項目「価格」における代替案の一対比較例

価格	製品A	製品B	製品C	H_{ij}
製品A	1	2	3	0.540
製品B	1/2	1	2	0.297
製品C	1/3	1/2	1	0.163

表4 重視度と評価値のまとめ

評価項目 (W_j)	価格 (0.540)	画質 (0.312)	デザイン (0.099)	操作性 (0.049)	T_i
製品A	0.540	0.106	0.540	0.2	0.389
製品B	0.297	0.744	0.163	0.4	0.427
製品C	0.163	0.150	0.297	0.4	0.185

2.2 ファジィAHP概説

ファジィAHPは、Saatyが提唱したAHPにJ.J.Buckleyがファジィ計算を導入し、AHPでは考慮されていない代替的・補完的な評価を可能にしたものである。AHPとの違いは、 T_i の求め方にある。ファジィAHPは、可能性測度（最大値法）、加法性測度（加重平均法）、必然性測度（最小値法）の3つの評価測度を用いて、 T_i を求める。可能性測度は、 H_{ij} の最大値に着目して T_i を求める評価測度で、1項目でも高い H_{ij} が含まれると T_i が高くなる。加法性測度は、 W_j と H_{ij} を掛けた値の総和を T_i とする評価測度で、AHPはこの評価測度により T_i を求めていた。必然性測度は、可能性測度とは逆に H_{ij} の最小値に着目して T_i を求める評価測度であり、1項目でも著しく低い H_{ij} を含むと T_i が低くなる。 T_i の詳細な算出方法は、3章で述べる。

3. 製品レコメンドシステムの概要

本システムは、利用者に製品選択における選好基準に関する簡単な質問を行い、それに基づいて利用者の嗜好に合った順に製品を並べ替え、推薦するシステムである。製品情報の取得から結果表示までの流れを図2に示す。

3.1 製品の検索

利用者に検索したい製品名をキーワードとして入力してもいい、そのキーワードを基に、価格.com商品検索APIから製品情報を取得する。情報を取得する製品は製品評価の極端



図2 システムの処理の流れ

な偏りを防ぐため、価格.comが提示するユーザレビューの採点者が20名以上の製品をPVランキングの高い方から10製品とした。

3.2 重視度の算出方法

前節で取得した製品情報のレビューページから各製品の評価項目を抽出する。その評価項目を用いて、利用者に一对比較（同じくらい重視する：1、やや重視する：2、ある程度重視する：3、かなり重視する：4、大変重視する：5の5段階評価）してもらい、一对比較値からAHPを用いて各評価項目の W_j を計算する。この W_j をシステムに反映させる2つの選好基準の内の1つ目（選好基準1）とする。各製品の評価項目と投票平均の例、一对比較入力画面例を図3、4にそれぞれ示す。

3.3 各項目に対する各製品の評価値の算出方法

取得した製品情報から投票平均の値を抽出する。各評価項目において各製品の投票平均にはらつきがあるため評価項目の合計を用いて投票平均の値を正規化した値を H_{ij} とする。

3.4 重視度と評価値による総合得点の算出方法

求めた W_j と H_{ij} から各製品の T_i を算出する。 T_i の算出方法として用いているファジィAHPには可能性測度（最大値法）、加法性測度（加重平均法）、必然性測度（最小値法）の3つの評価測度がある。この各評価測度をシステムに反映させる選好基準の2つ目（選好基準2）とする。以下に具体的な W_j と H_{ij} （表5）をあげ、それぞれの評価測度の計算手順を示す。

評価項目	投票平均	カテゴリ平均	項目別ランキング	評価基準
デザイン	★★★★★ 4.65	4.41	24位	見た目のよさ、質感
画質	★★★★★ 4.23	4.23	50位	画像の精細さ、ノイズの少なさなど
操作性	★★★★★ 4.12	4.15	53位	メニュー操作・設定のしやすさ
バッテリー	★★★★★ 4.17	3.96	31位	バッテリーの持ちはよいか
携帯性	★★★★★ 4.32	4.21	46位	軽さ、コンパクトさ
機能性	★★★★★ 4.60	4.30	24位	手ぶれ補正、撮影モードなど
液晶	★★★★★ 4.42	4.20	34位	液晶画面は見やすいか
ホールド感	★★★★★ 3.95	4.11	66位	しっかりホールドできるか

図3 評価項目と投票平均の例

	A		B					
	Aを大変重視する	Aをかなり重視する	Aをある程度重視する	Aをやや重視する	両方同じくらい重視する	Bをやや重視する	Bをかなり重視する	Bを大変重視する
1 デザイン	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 デザイン	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 デザイン	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 デザイン	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 デザイン	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 デザイン	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7 デザイン	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8 画質	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9 画質	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

図4 一对比較入力画面の例

表5 重視度と評価値の例

評価項目	A	B	C	D	W_j
デザイン	1.5	3	6	3.5	1
画質	2.5	2	2	1	3
操作性	5	2	1	0.5	2
機能性	1	3	1	5	4

1) 加法性測度による総合得点の計算方法

総合得点は、式(1)で表すことができる。縦軸を H_{ij} 、横軸を W_j とすると $T_i = W_1 \times H_{i1} + W_2 \times H_{i2} + W_3 \times H_{i3} + W_4 \times H_{i4}$ = 面積 a + 面積 b + 面積 c + 面積 d となり、図5の網掛け部分の総面積が T_i となる。この T_i が高い順位に並べ替えた結果をシステムの加法性測度による順位とする。以後、加法性測度による推薦順位を加法性順位と呼ぶこととする。

具体的に表5の値を用いて各製品の T_i を求めると、

$$\text{製品 A: } T_1 = 1.5 \times 1 + 2.5 \times 3 + 5 \times 2 + 1 \times 4 = 23$$

$$\text{製品 B: } T_2 = 3 \times 1 + 2 \times 3 + 2 \times 2 + 3 \times 4 = 25$$

$$\text{製品 C: } T_3 = 6 \times 1 + 2 \times 3 + 1 \times 2 + 1 \times 4 = 18$$

$$\text{製品 D: } T_4 = 3.5 \times 1 + 1 \times 3 + 0.5 \times 2 + 5 \times 4 = 27.5$$

となり、推薦順位は T_i の高い方から①製品D、②製品A、③製品C、④製品Bの順位となる。

2) 可能性測度による総合得点の計算方法

可能性測度と必然性測度により T_i を算出するためには、まず、図5中の W_j の中でもっとも値が大きい W_4 を W_j の合計値と同じになるまで拡大する(図6)。同じ拡大率で他の W_j も拡大する。図7において縦軸上で横軸ともっとも高い位置で交差する点(・印)を求める。すべての交差点に囲まれた網掛け部分を T_i とし、その値の高い順に製品の順位を並べ替える。以後、可能性測度による推薦順位を可能性順位と呼ぶ。図7で T_i を算出する場合、網掛け部分を実線で分割し、3つの長方形の面積の和であるとする。このとき $T_i = H_{i1} \times W_1' + H_{i2} \times (W_2' - W_1') + H_{i4} \times (W_4' - W_2')$ となる。

具体的に表5の値を用いて各製品の T_i を求める。まず、 W_j が最大の機能性の W_j を合計値である 10 に拡大し、他の

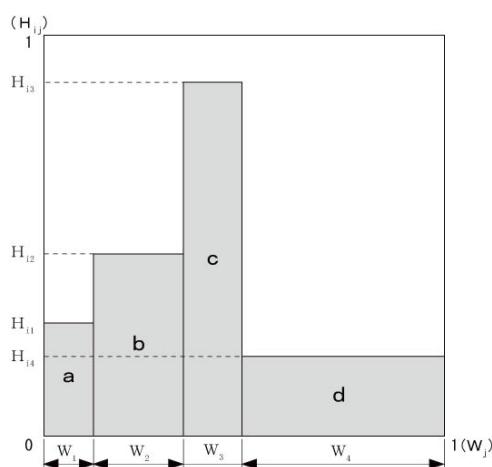


図5 加法性測度による総合得点の求め方

W_j も同じ拡大率(2.5倍)で拡大する。具体的には、図7と同様に長方形の面積と考えると、

$$\text{製品 A: } T_1 = 5 \times 5 + 2.5 \times 2.5 + 12.5 = 33.75$$

$$\text{製品 B: } T_2 = 3 \times 10 = 30$$

$$\text{製品 C: } T_3 = 6 \times 2.5 + 2 \times 5 + 1 \times 2.5 = 27.5$$

$$\text{製品 D: } T_4 = 5 \times 10 = 50$$

となり、推薦順位は T_i の高い方から①製品D、②製品A、③製品B、④製品Cの順位となる。

3) 必然性測度による総合得点の計算方法

可能性測度と同様に W_j を拡大し、必然性測度は可能性測度とは逆で、縦軸上で横軸ともっとも低い位置で交わる点を求める、すべての交差点に囲まれた網掛け部分(図8)を T_i と

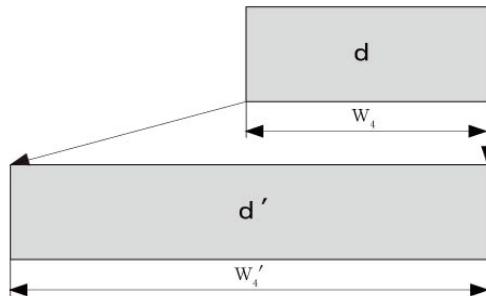


図6 最大の重視度を拡大した図

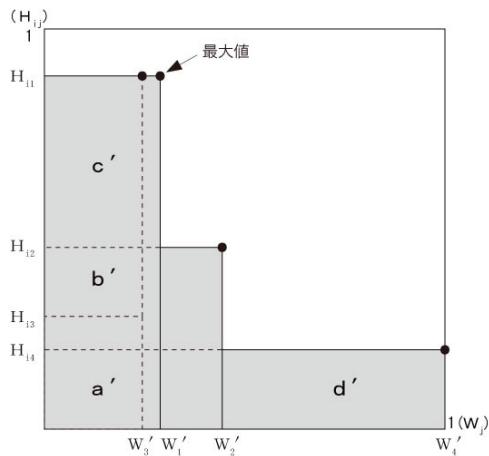


図7 可能性測度による総合得点の求め方

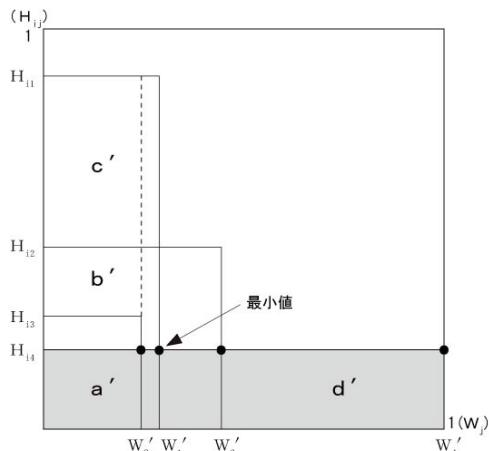


図8 必然性測度による総合得点の求め方

ファジィAHPを用いた製品レコメンドシステムの開発

すると $T_i = H_{i1} \times W_4'$ となる。求めた T_i により順位を並べ替える。以後、必然性測度による推薦順位を必然性順位と呼ぶ。

表5の値を用いて T_i を求めると、

製品A) $T_1 = 1 \times 10 = 10$

製品B) $T_2 = 2 \times 7.5 = 15$

製品C) $T_3 = 1 \times 10 = 10$

製品D) $T_4 = 0.5 \times 5 = 2.5$

となり、推薦順位は T_i の高い順位に①製品B、②製品A、C、④製品Dの順位となる。

3.5 総合得点による推薦順位出力

各測度による順位を求め、それを一つの出力画面にまとめた(図9)。出力画面では、各評価項目、評価項目に対応した W_j 、価格.comのPVランキング、可能性測度、加法性測度、必然性測度のそれぞれによる1位から10位までの順位、また各製品のメーカー名、製品名、製品画像、価格.comが提示する投票平均から算出した各製品の評価である満足度、システムで求めた T_i を出力する。

ウェイト							
評価項目	デザイン	画質	操作性	バッテリー	携帯性	機能性	液晶
ウェイト	8.7%	23.2%	18.7%	14.7%	4.4%	19.5%	7.5%
レコメンド結果							
順位							
PVランキング		可能性測度		加法性測度		必然性測度	
1位		カシオ EXILIM HI-ZOOM EX-H15		リコー GR DIGITAL III		リコー GR DIGITAL III	
2位		Canon PowerShot SX130 IS [ブラック]					
3位		リコー GR DIGITAL III					

図9 結果出力画面

4. システムのシミュレーションおよびその評価

4.1 シミュレーションの概要

ケーススタディは、性能が極端に偏らないように、価格.comで取り扱われている価格帯が20,000~30,000円のデジタルカメラと4,000~6,000円のヘッドホン・イヤホンそれぞれユーザレビューの採点者が20名以上の製品をPVランキングの高い方から10製品とした。被験者は、20代前半の男女20名(男:14名、女:6名)で、実際にシステムを用いて、評価項目を一对比較してもらった。次に、同じ被験者20名に、システムで推薦した10製品のメーカー名、製品名、投票平均(表6,7)を見せ、購入したいと思う順に順位をつけてもらった。以後、各被験者がつけた順位を選好順位と呼ぶことにする。また、それぞれの被験者において、PVランキングと選好順位、可能性順位と選好順位、加法性順位と選好順位、必然性順位と選好順位の各順位に対して順位の一致度を求めることができるケンドールの一致係数(以下、一致係数)を算出した。以下に、シミュレーションに用いたデジ

表6 デジタルカメラの投票平均

No.	メーカー名と製品名	評価項目と価格.comの投票平均							
		デザイン	画質	操作性	バッテリー	携帯性	機能性	液晶	ホールド感
1	ニコン COOLPIX P300	4.84	4.80	4.52	4.16	4.44	4.66	4.92	4.65
2	オリバーバッシュ SP-8000Z	4.50	4.42	4.49	3.36	4.33	4.42	4.48	4.70
3	SONY DSC-TX5	4.63	4.26	4.24	3.27	4.91	4.68	4.41	3.71
4	SONY DSC-HX1	4.57	4.63	4.57	4.57	4.06	4.74	4.64	4.77
5	ペンタックス Optio W90	4.78	2.99	3.68	2.82	4.22	3.94	3.57	4.16
6	ニコン COOLPIX P100	4.66	4.25	4.28	4.30	4.38	4.64	4.71	4.75
7	パナソニック LUMIX DMC-LX3	4.57	4.73	4.22	4.09	3.83	4.68	4.69	4.06
8	CANON PowerShot S90	4.49	4.74	4.22	3.68	4.68	4.66	4.73	3.72
9	ペンタックス Optio I-10	4.90	3.80	4.00	3.74	4.56	4.29	3.96	4.22
10	パナソニック LUMIX DMC-F12	4.42	4.27	4.09	4.06	4.14	4.55	4.30	4.17

表7 ヘッドホン・イヤホンの投票平均

No.	メーカー名と製品名	評価項目と価格.comの投票平均					
		デザイン	高音の音質	低音の音質	フィット感	外音遮断性	音漏れ防止
1	Ultimate Ears MetroFi 220	4.70	4.44	4.75	4.33	4.60	4.49
2	SONY MDR-EX500SL	4.22	4.09	4.33	4.04	3.89	3.67
3	ビクター HA-FXC1	4.46	4.33	4.17	4.32	4.61	4.47
4	オーディオテクニカ ATH-CK50	4.23	3.87	4.67	4.42	4.48	4.46
5	SONY MDR-NC33	3.49	3.14	3.13	3.85	3.89	4.00
6	ビクター HP-RX900	4.46	4.52	4.37	4.59	3.98	3.63
7	SONY MDR-XB500	4.54	3.80	4.77	4.94	3.98	2.88
8	オーディオテクニカ ATH-NC3	3.33	3.52	3.68	4.02	4.21	4.33
9	KOSS PortaPro	3.89	3.91	4.69	3.98	1.88	1.58
10	Ultimate Ears MetroFi 170	4.18	4.19	4.88	4.21	4.78	4.51

タルカメラ10製品、ヘッドホン・イヤホン10製品の投票平均と各被験者のデジタルカメラの重視度(表8)、ヘッドホン・イヤホンの重視度(表9)と一致係数をまとめた表10を示し、結果と考察を述べる。表10の網掛け部分はもっとも高い一致係数を表す。

4.2 シミュレーションの結果とその考察

デジタルカメラとヘッドホン・イヤホンにおいて各被験者のケンドールの一致係数を求めた。

(1) デジタルカメラにおけるシミュレーション結果

デジタルカメラの各評価項目における重視度の平均値を求めたところ、デザイン:0.135、画質:0.204、操作性:0.154、バッテリー:0.114、携帯性:0.106、機能性:0.133、液晶:0.085、ホールド感:0.087となった。画質がもっとも重視されており、ホールド感や液晶の大きさなどのカメラ自体の使いやすさに関連する評価項目より撮れる画質の良し悪しに関わる性能を重視する被験者が多いのではないかと考えられた。

また、デジタルカメラにおけるシミュレーションの結果から、PVランキングと選好順位の一致係数(以下、一致係数I-1)、可能性測度と選好順位の一致係数(以下、一致係数I-2)、加法性測度と選好順位の一致係数(以下、一致係数I-3)、必然性測度と選好順位の一致係数(以下、一致係数I-4)を求めた。全被験者の各一致係数の平均を求めると、一致係数I-1~I-4はそれぞれ0.69、0.69、0.68、0.52となり、一致係数I-4以外は一致係数の値がほぼ同じであった。各被験者の一致係数において、一致係数I-1がもっとも高かったのは6人、一致係数I-2は5人、一致係数I-3は7人、一致係数I-4は2人であった。

表8 デジタルカメラにおける各被験者の重視度

評価項目 被験者	デザイン	画質	操作性	バッテリー	携帯性	機能性	液晶	ホールド感
A	0.12	0.1	0.223	0.048	0.047	0.254	0.098	0.109
B	0.11	0.312	0.156	0.221	0.028	0.039	0.055	0.078
C	0.066	0.249	0.151	0.047	0.112	0.243	0.071	0.061
D	0.068	0.249	0.073	0.142	0.128	0.213	0.06	0.068
E	0.043	0.145	0.092	0.312	0.092	0.074	0.107	0.134
F	0.094	0.309	0.148	0.148	0.034	0.104	0.097	0.066
G	0.148	0.329	0.132	0.052	0.126	0.075	0.088	0.051
H	0.142	0.241	0.141	0.071	0.128	0.148	0.062	0.067
I	0.044	0.146	0.131	0.3	0.07	0.165	0.108	0.035
J	0.057	0.164	0.189	0.043	0.105	0.171	0.143	0.127
K	0.231	0.129	0.218	0.082	0.201	0.046	0.055	0.038
L	0.267	0.059	0.155	0.047	0.078	0.23	0.099	0.065
M	0.055	0.307	0.132	0.162	0.043	0.149	0.076	0.076
N	0.177	0.123	0.154	0.157	0.178	0.107	0.053	0.051
O	0.157	0.317	0.06	0.114	0.171	0.054	0.033	0.093
P	0.25	0.161	0.13	0.041	0.184	0.104	0.077	0.054
Q	0.201	0.149	0.097	0.053	0.079	0.11	0.12	0.189
R	0.153	0.156	0.169	0.043	0.127	0.142	0.06	0.152
S	0.196	0.172	0.066	0.146	0.099	0.087	0.131	0.102
T	0.122	0.259	0.148	0.041	0.097	0.135	0.103	0.097

表9 ヘッドホン・イヤホンにおける各被験者の重視度

評価項目 被験者	デザイン	高音の音質	低音の音質	フィット感	外音遮断性	音漏れ防止	携帯性
A	0.093	0.06	0.147	0.312	0.04	0.226	0.122
B	0.035	0.159	0.35	0.078	0.111	0.226	0.042
C	0.098	0.205	0.205	0.296	0.049	0.077	0.07
D	0.043	0.037	0.037	0.171	0.111	0.241	0.036
E	0.049	0.067	0.348	0.161	0.158	0.106	0.112
F	0.119	0.078	0.11	0.244	0.081	0.043	0.325
G	0.083	0.203	0.332	0.129	0.073	0.082	0.099
H	0.128	0.116	0.183	0.147	0.07	0.287	0.069
I	0.039	0.239	0.297	0.17	0.077	0.068	0.11
J	0.095	0.176	0.178	0.262	0.063	0.1	0.126
K	0.08	0.247	0.253	0.163	0.143	0.058	0.056
L	0.092	0.047	0.061	0.256	0.165	0.125	0.255
M	0.051	0.103	0.207	0.242	0.234	0.045	0.118
N	0.132	0.235	0.235	0.154	0.055	0.097	0.093
O	0.042	0.121	0.247	0.185	0.111	0.259	0.036
P	0.051	0.2	0.2	0.25	0.146	0.098	0.057
Q	0.096	0.14	0.112	0.207	0.166	0.138	0.142
R	0.204	0.17	0.215	0.167	0.108	0.084	0.052
S	0.131	0.059	0.059	0.259	0.168	0.204	0.12
T	0.04	0.149	0.307	0.06	0.094	0.269	0.081

(2) ヘッドホン・イヤホンにおけるシミュレーション結果

ヘッドホン・イヤホンの各評価項目における重視度の平均値を求めたところ、デザイン：0.085、高音の音質：0.141、低音の音質：0.204、フィット感：0.196、外音遮断性：0.111、音漏れ防止：0.142、携帯性：0.122となった。デジタルカメラと比べ、デザインを重視する割合は低く、音質とフィット感などの使用感を重視している被験者が多いと考えられた。

また、ヘッドホン・イヤホンにおけるシミュレーションの結果から、PVランキングと選好順位の一致係数（以下、一致係数II-1）、可能性測度と選好順位の一致係数（以下、一致係数II-2）、加法性測度と選好順位の一致係数（以下、一致係数II-3）、必然性測度と選好順位の一致係数（以下、一致係数II-4）を求めた。全被験者の各一致係数の平均を求めるところ、一致係数II-1～II-4はそれぞれ0.60、0.46、0.65、0.53となり、可能性順位と選好順位の一致係数である一致係数II

表10 各被験者のケンドールの一致係数

被験者	I. デジタルカメラ				II. ヘッドホン・イヤホン			
	PV (I-1)	可能性 (I-2)	加法性 (I-3)	必然性 (I-4)	PV (II-1)	可能性 (II-2)	加法性 (II-3)	必然性 (II-4)
A	0.67	0.82	0.79	0.27	0.59	0.71	0.70	0.55
B	0.78	0.67	0.38	0.55	0.41	0.75	0.65	0.34
C	0.69	0.94	0.91	0.50	0.65	0.24	0.68	0.45
D	0.81	0.67	0.52	0.52	0.65	0.84	0.75	0.35
E	0.47	0.95	0.50	0.30	0.29	0.61	0.53	0.46
F	0.61	0.58	0.73	0.41	0.66	0.28	0.53	0.65
G	0.83	0.88	0.68	0.50	0.41	0.72	0.42	0.57
H	0.69	0.84	0.89	0.28	0.69	0.18	0.41	0.50
I	0.66	0.40	0.56	0.82	0.67	0.21	0.95	0.62
J	0.70	0.75	0.84	0.62	0.61	0.55	0.92	0.76
K	0.63	0.79	0.54	0.82	0.70	0.40	0.50	0.76
L	0.73	0.53	0.71	0.70	0.72	0.57	0.53	0.58
M	0.72	0.56	0.61	0.36	0.61	0.70	0.84	0.39
N	0.72	0.73	0.99	0.55	0.64	0.19	0.97	0.36
O	0.66	0.60	0.55	0.39	0.66	0.23	0.32	0.75
P	0.73	0.38	0.75	0.69	0.58	0.39	0.48	0.40
Q	0.78	0.48	0.59	0.62	0.60	0.50	0.64	0.67
R	0.73	0.75	0.76	0.64	0.60	0.19	0.96	0.64
S	0.53	0.70	0.76	0.21	0.75	0.32	0.42	0.61
T	0.61	0.70	0.64	0.58	0.53	0.65	0.77	0.24
平均	0.69	0.69	0.68	0.52	0.60	0.46	0.65	0.53
分散	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01	0.05	0.04	0.02
標準偏差	0.09	0.16	0.15	0.18	0.11	0.22	0.20	0.15

-2が低かった。各被験者の一致係数において、一致係数II-1がもともと高かったのは5人、一致係数II-2は5人、一致係数II-3は7人、一致係数II-4は3人であった。

また、各製品において一致係数I-1と一致係数I-2～I-4、一致係数II-1と一致係数II-2～II-4を比較したところ、一致係数I-2～I-4が一致係数I-1より高かった被験者は14人、一致係数II-2～II-4が一致係数II-1より高かった被験者は15人であった。この結果から、70%以上の被験者においては、売れ筋や注目されている製品の順位をそのまま提示するより、本システムに用いている2つの選好基準を反映させた順位の方が選好と一致しており、製品を絞り込むために有効な情報を提示できていると考えられる。デジタルカメラとイヤホン・ヘッドホンの各一致係数の平均値を算出すると、デジタルカメラは一致係数I-1～I-4がそれぞれ0.69、0.69、0.68、0.52で、ヘッドホン・イヤホンは一致係数II-1～II-4がそれぞれ0.60、0.46、0.65、0.53となった。この結果から、ヘッドホン・イヤホンの可能性順位と選好順位の一致係数がデジタルカメラより低いため、ヘッドホン・イヤホ

ンを選ぶ時はデジタルカメラと比べ、一部分が気に入ったため製品を選ぶという被験者は少なく、総合的な評価から製品を選ぶ被験者が多い可能性があると考えられる。

4.3 フルビツツの基準を用いた結果とその考察

ファジィ AHP には可能性測度、加法性測度、必然性測度の 3 つの評価測度だけではなく、各評価測度間の順位を求めることができるフルビッツの基準というものがある。ここで、フルビッツの基準とは総合得点を求める際、パラメータ a ($0 \leq a \leq 1$) を設定することであり、総合得点 = 可能性測度による総合得点 $\times a +$ 必然性測度による総合得点 $\times (1-a)$ と表すことができ、各評価測度間の総合得点・順位を求めることが可能になる。このフルビッツの基準を用いて各被験者の評価測度間の順位を求め、選好順位との一致係数を算出した。例として、デジタルカメラとヘッドホン・イヤホンのそれぞれにおいて各評価測度間の順位を求め、もっとも高い一致係数を求めることができた被験者（デジタルカメラは被験者 B、ヘッドホン・イヤホンは被験者 C）の各評価測度による順位を結んでグラフに表したものを見図 10、11 に示す。図 10 の破線部分での順位を出し、一致係数を算出したところ、0.84 となり、他の一致係数よりかなり高い値であった。また、図 11 の破線部分での順位を出し、一致係数を算出したところ、0.79 となり、他の一致係数より高い値となった。

同様にして被験者全員の各評価測度間の一致係数を算出した結果、もっとも一致係数が高かった評価測度とその値を表

11に示す。まず、デジタルカメラにおける一致係数では、可能性測度がもっとも高かった被験者は1名、可能性測度と加法性測度の間でもっとも一致係数が高くなったのは1名、加法性測度は7名、加法性測度と必然性測度の間は9名、必然性測度は2名となった。また、ヘッドホン・イヤホンにおいては可能性測度の一致係数がもっとも高かったのは1名、可能性測度と加法性測度の間は8名、加法性測度は2名、加法性測度と必然性測度の間は6名、必然性測度は3名であった。

各評価測度の間の順位と選好順位の一致係数がもっとも高くなった被験者はデジタルカメラが10名、ヘッドホン・イヤホンが14名となり、どちらの製品も半数以上の被験者が該当した。表11の各評価測度間における被験者の人数を見るとデジタルカメラは加法性測度と必然性測度の間で一致係数がもっとも高くなる被験者が多く、ヘッドホン・イヤホンはデジタルカメラと比べ、一致係数がもっとも高くなる評価測度がばらついていた。この結果から、どの評価測度で製品選択を行うのか製品により異なることが明らかとなった。また、デジタルカメラにおいては、悪い評価を含まず総合的に気に入った製品を選ぶ被験者が多いのではないかと推測された。さらに、フルビツツの基準を用いた順位をふまえ選好順位との一致係数を求めたところ、表10の平均と比べ、表11の平均の方が全体的に高くなかった。この結果から、3つの評価測度による推薦順位のうちのいずれかに選好順位が完全に一致するのではなく、評価測度間の推薦順位に被験者の選好順位と近いものがあると考えられた。

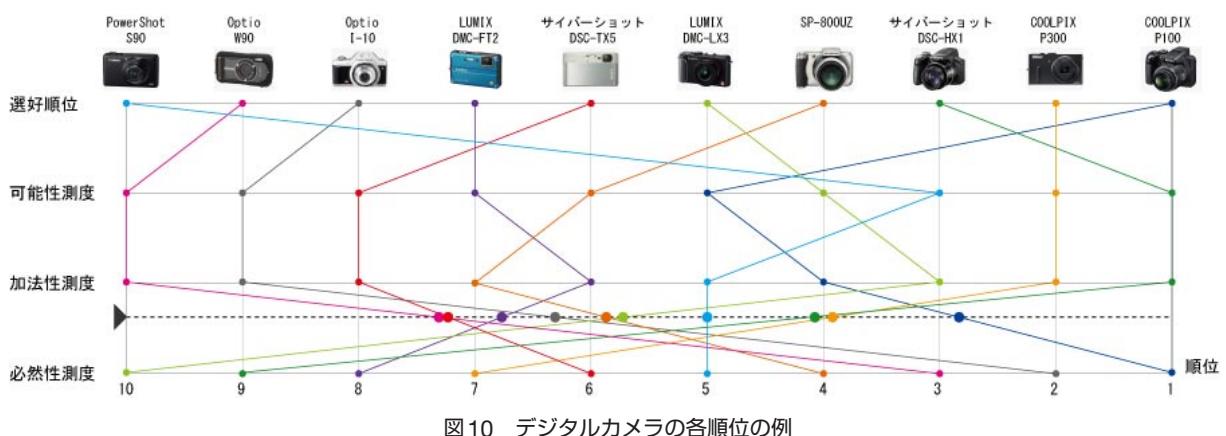


図10 デジタルカメラの各順位の例

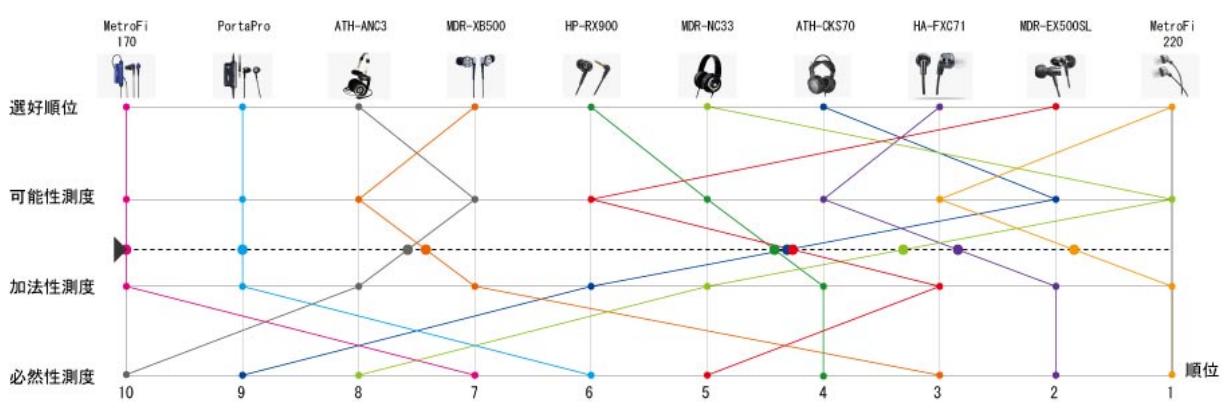


図11 ヘッドホン・イヤホンの各順位の例

表11 各評価測度の間を考慮した一致係数

被験者	デジタルカメラ					ヘッドホン・イヤホン						
	PV	可能性	…	加法性	…	必然性	PV	可能性	…	加法性	…	必然性
A	0.67			0.90		0.59		0.84				
B	0.78			0.84		0.41				0.79		
C	0.69		0.99			0.65		0.79				
D	0.81			0.65		0.65		0.90				
E	0.47			0.95		0.29		0.79				
F	0.61			0.75		0.66				0.66		
G	0.83	0.88				0.41	0.72					
H	0.69		0.89			0.69				0.81		
I	0.66				0.82	0.67			0.95			
J	0.70			0.89		0.61		0.95				
K	0.63				0.82	0.70					0.76	
L	0.73		0.71			0.72					0.58	
M	0.72			0.61		0.61				0.87		
N	0.72		0.99			0.64		0.99				
O	0.66			0.55		0.66					0.75	
P	0.73			0.75		0.58		0.62				
Q	0.78			0.99		0.60		0.78				
R	0.73			1.00		0.60			0.96			
S	0.53		0.76			0.75			0.78			
T	0.61			0.90		0.53				0.80		
平均	0.65	0.88	0.99	0.81	0.83	0.82	0.60	0.72	0.83	0.96	0.79	0.69
人數	20	1	1	7	9	2	20	1	8	2	6	3

以上の結果をふまえ、フルピツツの基準をシステムに用いることで利用者自身がパラメータaの値を動かし、製品の順位の変動を見ることができると考えられる。それにより利用者は気に入った製品が上位に配置される選好基準2を知ることができ、また、すべての製品推薦順位を見なくても、上位の推薦製品を比較するだけで済むため、製品の比較に要していた手間や時間を削減することができると思われる。

5. まとめ

本研究では、以下に示す成果が得られた。

- 1) 利用者による評価項目の一対比較から重視度を算出し、ファジィAHPを用いて総合得点を算出し、順位を比較できるシステムを開発した。
- 2) デジタルカメラ、ヘッドホン・イヤホンをケーススタディとして被験者20名で検証実験を行った。その結果、デジタルカメラでは14名、ヘッドホン・イヤホンでは15名の被験者においてPVランキングと選好順位との一致係数と比較して各評価測度と選好順位との一致係数が高かった。
- 3) 検証実験の結果より被験者の選好基準をある程度反映した製品を推薦することができたと考えられた。
- 4) AHPを用いることで利用者が閲覧したページなどの行動履歴の蓄積を必要としない製品の推薦が可能になった。

5) 開発したシステムにフルピツツの基準を導入し、利用者によるパラメータの変更が可能になると利用者自身が選好基準2を知ることができ、比較する製品の数を減らすことで利用者が製品を探す手間を省くことができると考えられた。

今後の課題として以下のようなものが挙げられる。

- 1) ケーススタディで扱った製品以外の製品においても評価実験を行い、製品の違いによって選好測度や一致係数に違いが生ずるのかを検証する必要がある。
- 2) 利用者の嗜好をさらに反映させた順位に近づけるため、システムにフルピツツの基準を用いた推薦機能を実装する必要がある。

謝 辞

本研究で用いたデータは「価格.com」より引用させていただいた。データの引用、本稿の執筆を許可していただいた、株式会社カカクコム社に対し、深甚なる謝意を表す。

参考文献

- [1] Webニュースやブログを読んで衝動買い、3割近くが経験 – INTERNET Watch, http://internet.watch.impress.co.jp/docs/news/20090629_298394.html, 2009.
- [2] 消費者の購買行動にもっとも影響を与えるのは「口コミ」 – カカクコム調査 – INTERNET Watch, <http://internet.watch.impress.co.jp/cda/news/2005/04/11/7226.html>, 2005.
- [3] 「レコメンドエンジン導入による効果検証（モバイル版）」 – hotto link, <http://www.hottolink.co.jp/entry285.html>, 2009.
- [4] 伊藤冬子, 山川望, 廣安知之, 三木光範, 佐々木康成: 対話型遺伝的アルゴリズムによるユーザの嗜好に基づいた商品選択支援, 電子情報通信学会第二種研究会資料, WI2-2007-4, pp.23-24, 2007.
- [5] 小林幹門, 見並史彬, 伊藤孝行, 東条敏: ユーザの行動に基づく衣服推薦システムの試作, 電子情報通信学会第二種研究会資料, WI2-2008-04, pp.19-24, 2008.
- [6] 山名健悟, 滝沢敏裕, 湯浅将英, 大山実: blog検索による商品選定支援システム, 情報処理学会研究報告, 2006(33), pp.39-46, 2006.
- [7] 長井真吾, 片上大輔, 新田克己: Webからの情報を利用した買い物相談エージェント, 電子情報通信学会技術研究報告. OIS, オフィスインフォメーションシステム104(569), pp.43-48, 2005.
- [8] 価格.com, <http://kakaku.com/>
- [9] 価格.com商品検索API, <http://apiblog.kakaku.com/KakakuItemSearchV1.0.html>
- [10] 刀根薰: ゲーム感覚意思決定法, 日科技連, 1986.

- [11] 神田太樹, 杉浦伸, 木下栄藏: 食産業におけるサービスの生産性向上に向けた支配型AHPによる食感性評価, 日本感性工学会論文誌, 10, 2, pp.95-100, 2010.
- [12] J.J. Buckley: Fuzzy Hierarchical Analysis, Fuzzy Sets and Systems, 17, pp.233-247, 1985.
- [13] 森典彦: 左脳デザインинг, 海文堂, 1993.
- [14] 武藤眞介: 統計解析ハンドブック, 浅倉書店, 1995.
- [15] 榎本雄介, 原田利宣, 水谷政夫: 腕時計の選好分析におけるラフ集合と数量化理論第II類の比較研究, デザイン学研究 Bulletin of Japanese Society for Science of Design 53 (5), pp.29-34, 2007.



井上 拓子 (非会員)

2010年 和歌山大学システム工学部卒業, 同年和歌山大学大学院システム工学研究科入学, 現在在学中. 情報処理学生会員.



原田 利宣 (正会員)

1996年 千葉大学大学院自然科学研究科修了. 工学 (博士). 日産自動車(株) デザイン本部を経て, 1997年度和歌山大学システム工学部助教授. 2004年度より, 同教授. 現在に至る. 1996年 日本デザイン学会研究奨励賞受賞, 2004年 グッドデザイン賞受賞, 2002, 2004, 2005, 2010年 感性工学会出版賞など.