

## 第 VII 部

# 市場の分析

## 4 効用値の算出

### ポイント

- 順位と得点
- 平均

- 平均からの偏差の和

### 4.1 はじめに

- 直行計画を用いてつくられたコンジョイントカードから効用値を計算します。
- 地味な計算問題です。
- でも水準が数値化します。
- 計算は偉大です。

図 1 解答用紙


図2 コンジョイントカード

ズーム 5 倍 二方向 ナイトビジョン	ズーム 5 倍 四方向 サーモビジョン	ズーム 5 倍 六方向 距離測定
ズーム 10 倍 二方向 サーモビジョン	ズーム 10 倍 四方向 距離測定	ズーム 10 倍 六方向 ナイトビジョン
ズーム 20 倍 二方向 距離測定	ズーム 20 倍 四方向 ナイトビジョン	ズーム 20 倍 六方向 サーモビジョン

表1 スマートグラスで設定した水準

要因	水準1	水準2	水準3
ズーム	5倍	10倍	20倍
サウンド	二方向	四方向	六方向
赤外線	ナイトビジョン	サーモビジョン	距離測定

## 4.2 要因と水準を表す記号

- 1 番目の要因をあらわす記号を  $a$  とし、要因  $a$  の水準を識別する添え字を  $j$  とする。そして要因  $a$  の  $j$  番目の『水準の効果』を  $a_j$  とあらわす。
- 2 番目の要因をあらわす記号を  $b$  とし、要因  $b$  の水準を識別する添え字を  $k$  とする。そして要因  $b$  の  $k$  番目の『水準の効果』を  $b_k$  とあらわす。
- 3 番目の要因をあらわす記号を  $c$  とし、要因  $c$  の水準を識別する添え字を  $l$  とする。そして要因  $c$  の  $l$  番目の『水準の効果』を  $c_l$  とあらわす。

表2 順位付けされた解答

No.	コンジョイントカード	順位
1	ズーム 5 倍 二方向 ナイトビジョン	$u_1$
2	ズーム 10 倍 二方向 サーモビジョン	$u_2$
3	ズーム 20 倍 二方向 距離測定	$u_3$
4	ズーム 5 倍 四方向 サーモビジョン	$u_4$
5	ズーム 10 倍 四方向 距離測定	$u_5$
6	ズーム 20 倍 四方向 ナイトビジョン	$u_6$
7	ズーム 5 倍 六方向 距離測定	$u_7$
8	ズーム 10 倍 六方向 ナイトビジョン	$u_8$
9	ズーム 20 倍 六方向 サーモビジョン	$u_9$

### 4.2.1 順位の得点化

- カードを識別する添え字を  $i$  とする。  $i$  番目のカードの回答された順位を  $u_i$  とあらわす。
- それぞれのカードは得点を持っている仮定し、得点を  $p_i$  とあらわす。
- 順位が高い程得点が高くなることを想定。
- カード枚数 + 1 から順位 ( $u_i$ ) を引き得点 ( $p_i$ ) とする。

$$10 - u_i = p_i \quad (1)$$

### 4.2.2 効用値の仮定

$i$  番目のコンジョイントカードの得点  $p_i$  は、そのコンジョイントカードを構成する要素の組み合わせの『水準の効果』と定数項 ( $d$ ) の和として定義する。

$$p_i = a_j + b_k + c_l + d \quad (2)$$

表3 水準の組み合わせと得点の定義式

$i$	組合せ	順位	得点	効用値の定義式
1	$(a_1, b_1, c_1)$	$u_1$	$10 - u_1 = p_1$	$a_1 + b_1 + c_1 + d = p_1$
2	$(a_2, b_1, c_2)$	$u_2$	$10 - u_2 = p_2$	$a_2 + b_1 + c_2 + d = p_2$
3	$(a_3, b_1, c_3)$	$u_3$	$10 - u_3 = p_3$	$a_3 + b_1 + c_3 + d = p_3$
4	$(a_1, b_2, c_2)$	$u_4$	$10 - u_4 = p_4$	$a_1 + b_2 + c_2 + d = p_4$
5	$(a_2, b_2, c_3)$	$u_5$	$10 - u_5 = p_5$	$a_2 + b_2 + c_3 + d = p_5$
6	$(a_3, b_2, c_1)$	$u_6$	$10 - u_6 = p_6$	$a_3 + b_2 + c_1 + d = p_6$
7	$(a_1, b_3, c_3)$	$u_7$	$10 - u_7 = p_7$	$a_1 + b_3 + c_3 + d = p_7$
8	$(a_2, b_3, c_1)$	$u_8$	$10 - u_8 = p_8$	$a_2 + b_3 + c_1 + d = p_8$
9	$(a_3, b_3, c_2)$	$u_9$	$10 - u_9 = p_9$	$a_3 + b_3 + c_2 + d = p_9$

図3 順位と得点と定義式

$\begin{array}{c} a_1 + b_1 + c_1 + d \\ 10 - u_1 \\ p_1 \end{array}$	$\begin{array}{c} a_1 + b_2 + c_2 + d \\ 10 - u_4 \\ p_4 \end{array}$	$\begin{array}{c} a_1 + b_3 + c_3 + d \\ 10 - u_7 \\ p_7 \end{array}$
$\begin{array}{c} a_2 + b_1 + c_2 + d \\ 10 - u_2 \\ p_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} a_2 + b_2 + c_3 + d \\ 10 - u_5 \\ p_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} a_2 + b_3 + c_1 + d \\ 10 - u_8 \\ p_8 \end{array}$
$\begin{array}{c} a_3 + b_1 + c_3 + d \\ 10 - u_3 \\ p_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} a_3 + b_2 + c_1 + d \\ 10 - u_6 \\ p_6 \end{array}$	$\begin{array}{c} a_3 + b_3 + c_2 + d \\ 10 - u_9 \\ p_9 \end{array}$

### 4.2.3 効用値の平均

要因  $a$  における『水準の効果』の平均を  $\bar{a}$  とあらわす。

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \quad (3)$$

同様に要因  $b$  における『水準の効果』の平均を  $\bar{b}$ 、要因  $c$  における平均を  $\bar{c}$  とあらわす。

$$\bar{b} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} \quad (4)$$

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3} \quad (5)$$

#### 4.2.4 得点 ( $p_i$ ) の平均

得点  $p_i$  の平均を  $\bar{p}$  とあらわす。

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9}{9} \quad (6)$$

## 4.2.5 全てのカードの定義式の平均

全てのコンジョイントカードの効用値の平均を求める。効用値の定義式の平均は、

$$\begin{aligned} & \left( a_1 + b_1 + c_1 + d + a_2 + b_1 + c_2 + d + a_3 + b_1 + c_3 + d \right. \\ & + a_1 + b_2 + c_2 + d + a_2 + b_2 + c_3 + d + a_3 + b_2 + c_1 + d \\ & \left. + a_1 + b_3 + c_3 + d + a_2 + b_3 + c_1 + d + a_3 + b_3 + c_2 + d \right) \div 9 \end{aligned} \quad (7)$$

$$= \left( 3a_1 + 3a_2 + 3a_3 + 3b_1 + 3b_2 + 3b_3 + 3c_1 + 3c_2 + 3c_3 + 9d \right) \div 9 \quad (8)$$

$$= \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} + \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} + \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3} + d \quad (9)$$

$$= \bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + d \quad (10)$$

効用値の定義式は、それぞれ  $p_i$  に等しいので、その平均は、

$$\frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9}{9} = \bar{p} \quad (11)$$

である。従って、

$$\bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + d = \bar{p} \quad (12)$$

4.2.6  $a_1$  を因子に持つカードの平均

$a_1$  を因子に持つ、1,4,7 のカードの平均を求める。3つのカードの定義式の平均は、

$$\frac{(a_1 + b_1 + c_1 + d) + (a_1 + b_2 + c_2 + d) + (a_1 + b_3 + c_3 + d)}{3} \quad (13)$$

$$= \frac{3a_1 + b_1 + b_2 + b_3 + c_1 + c_2 + c_3 + 3d}{3} \quad (14)$$

$$= \frac{\cancel{3}a_1}{\cancel{3}} + \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} + \frac{c_1 + c_2 + c_3}{3} + \frac{\cancel{3}d}{\cancel{3}} \quad (15)$$

$$= a_1 + \bar{b} + \bar{c} + d \quad (16)$$

である。

## 4.2.7 (16) と (10) の差

(16) から (10) を引くと

$$(a_1 + \bar{b} + \bar{c} + d) - (\bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + d) \quad (17)$$

$$= a_1 + \cancel{\bar{b}} + \cancel{\bar{c}} + \cancel{d} - \bar{a} - \cancel{\bar{b}} - \cancel{\bar{c}} - \cancel{d} \quad (18)$$

$$= a_1 - \bar{a} \quad (19)$$

この (19) 式を要因  $a$  の第一水準の効用値と定義し  $A_1$  であらわす。

同様に第二水準の効用値を  $A_2$  , 第三水準の効用値を  $A_3$  であらわす。

$$A_1 = \frac{p_1 + p_4 + p_7}{3} - \bar{p} = a_1 - \bar{a} \quad (20)$$

$$A_2 = \frac{p_2 + p_5 + p_8}{3} - \bar{p} = a_2 - \bar{a} \quad (21)$$

$$A_3 = \frac{p_3 + p_6 + p_9}{3} - \bar{p} = a_3 - \bar{a} \quad (22)$$

図4  $a_j$  を因子に持つカードの位置

ズーム 5 倍 二方向 ナイトビジョン	ズーム 5 倍 四方向 サーモビジョン	ズーム 5 倍 六方向 距離測定
ズーム 10 倍 二方向 サーモビジョン	ズーム 10 倍 四方向 距離測定	ズーム 10 倍 六方向 ナイトビジョン
ズーム 20 倍 二方向 距離測定	ズーム 20 倍 四方向 ナイトビジョン	ズーム 20 倍 六方向 サーモビジョン

### 4.3 $b_k, c_l$ の効用値の定義

$b_k$  の効用値を

$$B_k = b_k - \bar{b} \quad (23)$$

$c_l$  の効用値を

$$C_l = c_l - \bar{c} \quad (24)$$

で定義する。

### 4.3.1 定数項 $d$ の定義

定数項  $d$  を  $p_i$  の平均  $\bar{p}$  で定義する。

$$d = \bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9}{9} = 5 \quad (25)$$

図5  $b_k$  を因子に持つカードの位置

ズーム 5 倍 二方向 ナイトビジョン	ズーム 5 倍 四方向 サーモビジョン	ズーム 5 倍 六方向 距離測定
ズーム 10 倍 二方向 サーモビジョン	ズーム 10 倍 四方向 距離測定	ズーム 10 倍 六方向 ナイトビジョン
ズーム 20 倍 二方向 距離測定	ズーム 20 倍 四方向 ナイトビジョン	ズーム 20 倍 六方向 サーモビジョン

4.3.2 要因  $B$  の効用値

$$B_1 = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{3} - \bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{3} - \frac{3\bar{p}}{3} \quad (26)$$

$$= \frac{(p_1 - \bar{p}) + (p_2 - \bar{p}) + (p_3 - \bar{p})}{3} \quad (27)$$

$$B_2 = \frac{(p_4 - \bar{p}) + (p_5 - \bar{p}) + (p_6 - \bar{p})}{3} \quad (28)$$

$$B_3 = \frac{(p_7 - \bar{p}) + (p_8 - \bar{p}) + (p_9 - \bar{p})}{3} \quad (29)$$

4.3.3 点数 ( $p_i$ ) と平均 ( $\bar{p}$ ) の差

$$p_i - \bar{p} \tag{30}$$

$$= (10 - u_i) - \bar{p} \tag{31}$$

$$= 10 - u_i - \bar{p} \tag{32}$$

$\bar{p} = 5$  なので

$$10 - u_i - 5 \tag{33}$$

$$= 5 - u_i \tag{34}$$

**問題 VII-4-1**

要因  $C$  の効用値  $c_l$  を求めなさい。

図6  $c_l$  を因子に持つのカードの位置

ズーム 5 倍 二方向 ナイトビジョン	ズーム 5 倍 四方向 サーモビジョン	ズーム 5 倍 六方向 距離測定
ズーム 10 倍 二方向 サーモビジョン	ズーム 10 倍 四方向 距離測定	ズーム 10 倍 六方向 ナイトビジョン
ズーム 20 倍 二方向 距離測定	ズーム 20 倍 四方向 ナイトビジョン	ズーム 20 倍 六方向 サーモビジョン

4.3.4 要因  $C$  の効用値

$$C_1 = \frac{(p_1 - \bar{p}) + (p_6 - \bar{p}) + (p_8 - \bar{p})}{3} \quad (35)$$

$$= \frac{((10 - u_1) - 5) + ((10 - u_6) - 5) + ((10 - u_8) - 5)}{3} \quad (36)$$

$$= \frac{(5 - u_1) + (5 - u_6) + (5 - u_8)}{3} \quad (37)$$

$$C_2 = \frac{(5 - u_2) + (5 - u_4) + (5 - u_9)}{3} \quad (38)$$

$$C_3 = \frac{(5 - u_3) + (5 - u_5) + (5 - u_7)}{3} \quad (39)$$

#### 4.3.5 誤差の分離

得点から各効用値並びに定数項  $d$  の値を除いたものを誤差と定義する。

$$e_i = p_i - a_j - b_k - c_l - d \quad (40)$$

## 4.4 効用値の最大値と最小値

- 要因  $a$  における効用値の最大値を  $\max(A)$  とあらわす。  
同様に要因  $b$  の効用値の最大値を  $\max(B)$ 、要因  $c$  の水準の最大値を  $\max(C)$  とあらわす。
- 要因  $a$  における効用値の最小値を  $\min(A)$  とあらわす。  
同様に要因  $b$  の効用値の最小値を  $\min(B)$ 、要因  $c$  の効用値の最小値を  $\min(C)$  とあらわす。

#### 4.4.1 レンジ

- 最大値と最小値の差を『レンジ』という。
- 要因  $a$  における『レンジ』を  $r_a$  とあらわす。  
同様に要因  $b$  における『レンジ』を  $r_b$ 、要因  $c$  の『レンジ』を  $r_c$  とあらわす。

$$r_a = \max(A) - \min(A) \quad (41)$$

$$r_b = \max(B) - \min(B) \quad (42)$$

$$r_c = \max(C) - \min(C) \quad (43)$$

#### 4.4.2 重要度

『レンジ』の相対的な比率を『重要度』という。

$$\text{要因 } a \text{ の重要度} = \frac{r_a}{r_a + r_b + r_c} \quad (44)$$

$$\text{要因 } b \text{ の重要度} = \frac{r_b}{r_a + r_b + r_c} \quad (45)$$

$$\text{要因 } c \text{ の重要度} = \frac{r_c}{r_a + r_b + r_c} \quad (46)$$

重要度の算出をコンジョイント分析とよぶ。

## 4.5 まとめ

- コンジョイント分析では個人ごとに効用値の推定が可能。
- 重要度の判定基準は『レンジ』の比を採用。
- 重要視している要因を判定するが、どの水準を重視しているのかはコンジョイント分析では分からない。
- 個人ごとの効用値は個人が重視している水準を点数化したデータ。
- 効用値によるセグメンテーションが可能となる。