

商学研究所報

2003年3月

計算機を使ったAHP学習教材

高萩 栄一郎

WEBを使ったAHP

高萩 栄一郎

表計算ソフトウェアを使ってAHPを行う

高萩 栄一郎

目 次

計算機を使った AHP 学習教材	高萩栄一郎	1
WEB を使った AHP	高萩栄一郎	7
表計算ソフトウェアを使って AHP を行う	高萩栄一郎	17

(研究ノート)

計算機を使った AHP 学習教材*

専修大学 商学部

高萩栄一郎

1 はじめに

WEB や表計算ソフトウェアを使った AHP を学習教材を作成し、合わせてテキストを作成した。目的は、オペレーションズ・リサーチの実習やゼミナールなどにおいて、気軽に実習できるシステムを構築することにある。

WEB を使った AHP は、小畑ら [3] による「Web DE AHP」がある。「Web DE AHP」は、WEB 上ですべて、完結しているシステムである。本稿では、WEB と表計算を組み合わせたもの（資料 1:「WEB を使った AHP」）と表計算のみで行うもの（資料 2:表計算ソフトウェアを使って AHP を行う）を扱う。

学習の進め方は、次の段階を想定している。

- (1) AHP 理論の学習 本教材では、AHP の理論の説明は行っていない。AHP の理論の学習は、刀根 [1] や中島 [2] などで、あらかじめ学習する。
- (2) 手計算による AHP の学習 1 回は手計算で簡単な AHP モデルを計算させている。その場合の重要度は、幾何平均法などを用い、電卓で行わせる。これは、一度全体を把握させるためであり、自分で計算を行わないと、計算機で計算を行ったときに、何をやっているか分からなくなる可能性が高いからである。
- (3) 「WEB を使った AHP」での実習 WEB と表計算を併用した教材である。
 1. 階層図を組織図作成ソフトもしくは、手書きで作成。
 2. 表計算ソフトでアンケート用紙を作成し、印刷した用紙に手書きで、AHP のアンケートに答える。

* 本研究の一部は、「平成 12 年度 専修大学情報科学研究所、『ネットワークを利用した教育システムの開発と運用について』」、「平成 11-12 年度 文部科学省 科学研究費 基盤研究 (C) 『経営数学の体系化と共通教材開発の方法についての研究』」および「平成 13-14 年度 文部科学省 科学研究費 基盤研究 (C) 『新しい経営数学のありかたと文系学部における教育方法の研究』」の研究費の成果物である。ここに感謝する。

3. アンケートの答えを元に，一対比較行列を作成する．
 4. WEB に一対比較行列を入力し，重要度および整合度を計算する．
 5. 一対比較行列，重要度，整合度を表計算に転記する．
 6. 表計算ソフトで総合評価値の計算式を設定し，あわせて，結果のグラフ化を行う．
- (4) 「表計算ソフトウェアを使って AHP を行う」での学習 アンケート用紙に一対比較値を入力すれば，自動で総合評価値，グラフ化を行うシステムを表計算で作成するテキストである．表計算ソフトウェアに計算式を設定することにより実現している．計算の一部には，あらかじめ作成しておいた VBA のマクロを利用している．
- (5) プレゼンテーション (2)~(4) の各段階で作成した AHP をプレゼンテーションを行わせると効果的である．互いにプレゼンテーションを聞くことにより，階層図の作り方，特に評価基準の作り方の学習になる．内容が重複する評価基準，逆に不足する評価基準など失敗例に学ぶことができる．

上記の 2 つの教材は，本所報の資料として掲載している．

2 資料 1:WEB を使った AHP

本教材は，専修大学商学部の 2~3 年次対象のゼミナールでの実習向けに作成した教材である．学習目標としては，次の 2 つの点がある．

- AHP の理解および練習
- 表計算ソフトウェアの利用方法の学習

表計算ソフトウェアで簡単に実現できる機能は，学生自身で計算式を設定するようにしている．たとえば，各評価基準の重みを元に，各代替案の総合評価値を求める部分では，絶対参照を使用し t た計算式を学生が設定するようにしている．

特徴としては，次の点がある．

気軽に利用できる 利用している計算機のシステムは，WEB と表計算ソフトウェア^{*1}のみである．両ソフトウェアともに，多くの計算機に導入されているソフトウェアであり，学生は，情報リテラシ科目^{*2}などで，基礎的な使い方は学習している．

自動化しすぎない 本教材は，AHP を学習する教材である．したがって，簡単に完成すればするほどよいというものではない．すべてを自動化しようというのであれば，WEB DE AHP

*1 テキストでは，Microsoft Excel を使った例を示しているが，OpenOffice.org の Calc など他の表計算ソフトウェアでも容易に実現できる．

*2 専修大学商学部では，1 年次の選択必修科目「情報基礎 I」で絶対参照を含む基礎的な表計算ソフトウェアの考え方を学習している．

のようにすべて、WEB 上で完成できるシステムであることが望ましい。しかし、本システムでは、一対比較値の手入力などを行っている。これは、一対比較行列の意味を理解するには、必要な作業であると考えている。

しかし、一対比較値の入力では、リスト形式で、 $9, 8, \dots, 3, 2, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$ からの選択方式であり、対角要素の 1 は、自動的に入力されており、また、一対比較行列の左下の部分は、右上の一対比較値から自動的に逆数が計算される。リスト形式にした理由は、 $\frac{1}{7}$ などの入力で、小数への変換忘れ、変換ミスを防ぐこととのトレードオフであり、逆数の自動入力は、入力位置の間違い、入力の 2 度手間を防ぐためである。あまり、手計算の部分を増やすと利用しづらいものになり、使ってもらえないシステムになるためである。

もし、一対比較行列を 1 から作成し、固有値、固有ベクトルを求めるのであれば、

<http://www.senshu-u.ac.jp/%7ethc0456/kisom/km11.html>

から、求めることができる。

3 資料 2:表計算ソフトウェアを使って AHP を行う

学習目標としては、次のものがある。

- AHP を表計算ですべて行わせるため、自分でシステムを作り上げるという学習になる。
- §2 より、複雑な計算式の設定が必要であるので、より高度な表計算ソフトウェアの学習になる。

特徴としては、次のことがある。

1 つのシステム 1 つの AHP の問題を表計算の 1 つのシートに中で、完結しており、AHP の手順をまとめることができる。

VBA のマクロ VBA のマクロで、AHP の重要度の計算（固有値計算）を行っている。

どこでも利用可能 ネットワークに接続しなくても利用することができる。

即座に計算 表計算ソフトに再計算機能があるので、一対比較値などの変更が即座に総合評価値などに反映される。

対話的な利用 対話的な利用が可能である。プレゼンテーションなどで、一対比較の一部を利用させることにより、対話的に利用できる。

専門家の知識を導入可能 一対比較のうち、専門家が行う部分と利用者が行った方が良い部分に分けることができるとき、専門家が行った一対比較は、専門家の知識になる。また、利用者が行う一対比較は、少ない回数となり、一対比較回数の削減となる。

改良が可能 表計算ソフトウェアのマクロと計算式で作られているので、改良を容易にすることができ、プログラミングの知識がなくても、表計算の式の設定方法に明るければ可能である。たとえば、代替案に関しては、一対比較を行わず、100段階の得点に置き換えることも可能である。

4 利用実績

表1は、2001年4月30日～2003年3月13日の間(約2年弱)のCGI「ahpweb02.cgi」の起動回数である。「ahpweb02.cgi」は、AHPの重要度の計算をするCGIである。1つのAHPのモデルで、やり直しを含めて10回、重要度の計算を行うとすると、このシステムで、約1400個のモデルが計算されたことになる。

表1: CGI「ahpweb02.cgi」の起動回数

ドメイン名	起動回数
専修大学	1198回
専修大学以外の ac.jp	7228回
ne.jp	4333回
co.jp	650回
上記以外の.jp	743回
.net	321回
.com	15回
.tw(台湾)	104回
その他	13回
計	14605回

表2は、2001年4月30日～2003年3月13日の間(約2年弱)に、「表計算ソフトウェアを使ってAHPを行う」の例題のファイル(ahps.xls)のダウンロード回数である。「ahpweb02.cgi」のように、利用回数は分からないが、少なくとも、本システムを利用して、AHPの計算を行った、もしくは、行おうと試みた人の数である。したがって、1699人の人が、利用者もしくは利用を試みた人数となる。

表 2: 例題ファイル「ahps.xls」のダウンロード回数

ドメイン名	ダウンロード回数
専修大学	71 回
専修大学以外の ac.jp	477 回
ne.jp	397 回
co.jp	306 回
上記以外の.jp	294 回
.net	100 回
.com	36 回
その他	18 回
計	1699 回

5 おわりに

資料に示すような教材を作成し、ゼミナールなどで利用した。§2の方法では、全員の学生が、多少友達同士の助け合いがあるが、ほぼ容易に自力で AHP のレポートを作成している。§3の方法では、学生は苦勞しているようではあるが、ほぼ全員の学生が自力でレポートやプレゼンテーションを行っている。

参考文献

- [1] 刀根薫,「ゲーム感覚意思決定法 – AHP 入門 –」,日科技連出版社,1986.
- [2] 中島信之,「人の主観を生かした意思決定法 – AHP と ISM –」,未公刊
- [3] 小畑経史,白石俊輔,「WWW を利用した AHP システムの構築」,大分大学工学部研究報告,第 38 号, pp.29-34, 1998 年 9 月.
- [4] 高萩栄一郎,高橋裕,鳥越聡子,「講義と連動して使う Web 学習システム」,専修大学情報科学研究所 情報科学研究, No.23, pp.51-72, 2003.

[問い合わせ先]

〒214-8580 神奈川県川崎市多摩区東三田 2-1-1

専修大学商学部 高萩 栄一郎

TEL:044-900-7988 FAX:044-900-7849

e-mail:takahagi@isc.senshu-u.ac.jp

(資料 1:)

WEB を使った AHP *

専修大学 商学部

高萩栄一郎

この資料は、

- 表計算ソフトウェア（一対比較用紙の作成，総合評価値の計算、グラフ化）
- Microsoft Organization Chart(階層図の作成)
- 一対比較行列の重要度計算システム

<http://www.senshu-u.ac.jp/%7ethc0456/AHP/AHPweb.html>

を使って、AHP のレポートを作成するためのものである。

<http://www.senshu-u.ac.jp/%7ethc0456/AHP/>

にある表計算ソフトウェアの例題のファイル「webrei.xls」やアンケート用紙作成ファイル「PairC.xls」を参照しながら学習するとよい。

1 階層図の作成

以下の節では、組織図の計算機での作成を前提にしないので、場合によっては手書きでも差し支えない。

1.1 Excel 2000 以前の場合

Microsoft Organization Chart(階層図の作成)を使う。Word や Excel などを利用して行う。

(1) Excel など (Word,PowerPoint) を起動する。

(2) メニューバーの **挿入 (I)** → **オブジェクト (O)** → **Microsoft Organization Chart**

* 本研究の一部は、「平成 12 年度 専修大学情報科学研究所，『ネットワークを利用した教育システムの開発と運用について』」、「平成 11-12 年度 文部科学省 科学研究費 基盤研究 (C) 『経営数学の体系化と共通教材開発の方法についての研究』」および「平成 13-14 年度 文部科学省 科学研究費 基盤研究 (C) 『新しい経営数学のありかたと文系学部における教育方法の研究』」の研究費の成果物である。ここに感謝する。

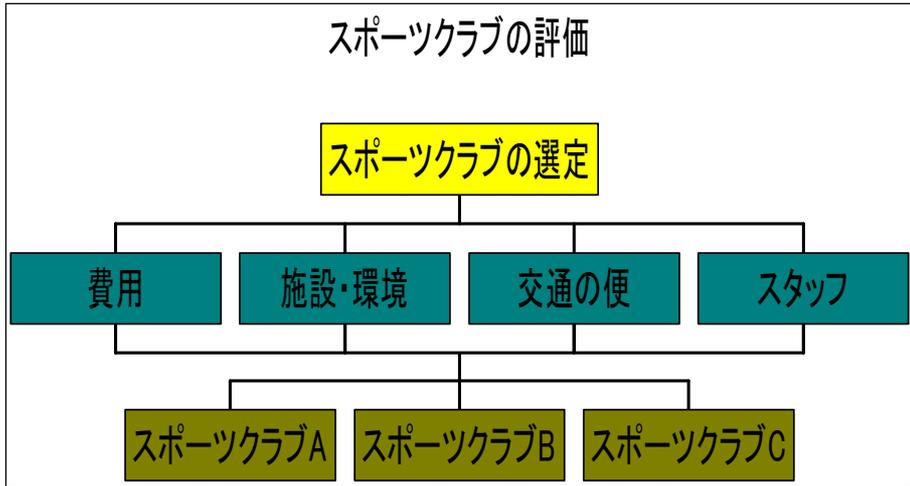


図 1: 階層図の完成例 (Microsoft Organization Chart)

- (3) タイトルの欄に、この図の名前（ここでは、「スポーツクラブの評価」）
- (4) 一番上の名前を問題の名前する。（ここでは、「スポーツクラブの選定」）この四角のタイトルは削除する。（括弧 <> 付きになれば、削除されている。）
- (5) 2 層目 (Level 2) の評価基準も同様に名前をつける。
- (6) 2 層目の評価基準の四角は 3 つしかないのので、1 つ追加する。
 - (a) 右側に付け加える「同レベル」のアイコンをクリック
 - (b) 評価基準の四角の内、最も右側をクリック
- (7) 第 3 層 (Level 3) の代替案の四角を作る。
 - (a) すべての評価基準の四角を範囲指定する
 - (b) メニューバーの **スタイル** → **共同マネージャー**
- (8) 四角の数が足りなければ、同レベルで付け加える。
- (9) 完成したら、メニューバーの **ファイル** → **終了して戻る**
- (10) 「更新しますか?」というウィンドウが表示されるので、「はい」とする)

1.2 Excel 2002 の場合

- (1) Excel などを起動する。
- (2) メニューバーの **挿入 (I)** → **図表** → 組織図のアイコンをクリック → **OK** をクリック
- (3) 組織図のツールバーの **レイアウト** → **組織図のオートレイアウト** (組織図のオートレイアウトの機能を OFF にする)

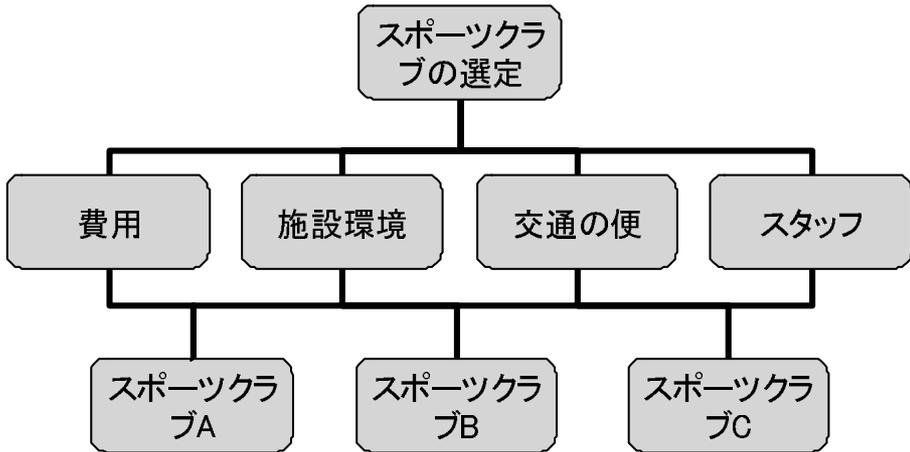


図 2: 階層図の完成例 (Excel 2002 の場合)

Excel 2000 以前に搭載されていた Microsoft Organization Chart では、共同マネージャーという機能で、うまく接続線を入れることができたが、Excel 2002 では削除された。そこで、多少複雑な方法を使う。次の順番で、四角の中の文字を入れるのは、最後に行う（代替案の順番を入れ替えるため）。

評価基準を増やす場合 評価基準の同レベルを増やす。

- (1) 評価基準の四角をクリック
- (2) 組織図のツールバーの **図形の挿入** → **同レベル**

代替案を追加する場合 評価基準の部下を増やす。

- (1) 評価基準の四角をクリック
- (2) 組織図のツールバーの **図形の挿入** → **部下**

評価基準の個数 < 代替案の個数の場合 (1) 1つの評価基準に2つ(以上)の部下を作成する。

評価基準の個数 > 代替案の個数の場合 サイズが0の部下を作成する。

- (1) 評価基準の四角をクリック
- (2) 組織図のツールバーの **図形の挿入** → **部下**
- (3) 右クリックして、**オートシェイプの書式設定** → **サイズ**
- (4) 「高さ」と「幅」を0にし、**OK**をクリック

すべての評価基準とすべての代替案を接続線で結ぶには 代替案の一番右の四角（評価基準の個数 > 代替案の個数の場合は「点」）を一番左に移動する。

- (1) 一番左の代替案の四角または「点」を一番左にする。
- (2) きれいになるように、四角や接続線を移動

2 表計算ソフトウェアを使ってアンケート用紙の作成および一対比較の実行

2.1 アンケート用紙の作成

まず、各評価基準の一対比較を行う。図1の例の場合、「費用」、「施設・環境」、「交通の便」、「スタッフ」の4つになる。アンケート用紙は、表計算ソフトウェアを使うと比較的簡単に作成できる。評価項目の数が、3~7の場合のサンプルの表を用意してあるので、それを参考に利用するとよい (PairC.xls)。

- (1) 「PairC.xls」を起動する。
- (2) 評価項目数のシートを選ぶ。図1の例の場合、「4の場合」のシートを選ぶ。
- (3) A2 から A5 のセルに評価基準名を記入する。この場合、A2:に「費用」、A3:に「施設・環境」、A4:に「交通の便」、A5:に「スタッフ」と記入する。自動的にアンケートの表に反映される。
- (4) 必要なアンケートの表の部分を印刷して、アンケート用紙とする。図3のようなアンケート用紙が完成する。

	左の項目が絶対的によい (中間)	左の項目が非常によい (中間)	左の項目がよい (中間)	左の項目が若干よい (中間)	左右同じくらいよい (中間)	右の項目が若干よい (中間)	右の項目がよい (中間)	右の項目が非常によい (中間)	右の項目が絶対的によい (中間)									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	
費用																		施設・設備
費用																		交通の便
費用																		スタッフ
施設・設備																		交通の便
施設・設備																		スタッフ
交通の便																		スタッフ

図 3: アンケート用紙の完成例

次に、各代替案間の一対比較を行うための用紙を作成する。

- (1) 「PairC.xls」を起動する。
- (2) 評価項目数のシートを選ぶ。図1の例の場合、「3の場合」のシートを選ぶ。
- (3) A2 から A4 のセルに評価基準名を記入する。この場合、A2:に「スポーツクラブ A」、

[A3:]に「スポーツクラブ B」, [A4:]に「スポーツクラブ C」と記入する．自動的にアンケートの表に反映される（必要に応じて列幅を調節する）．

- (4) 例では,「費用」について各代替案を比較するための用紙,「施設・環境」について,「交通の便」について,「スタッフ」についての用紙,計4枚印刷する．

2.2 アンケートの実施

通常の AHP と同様に, 図 4 のように, アンケート用紙に一対比較を行っていく (印は手書き).

	左の項目が絶対的によい (中間)	左の項目が非常によい (中間)	左の項目がよい (中間)	左の項目が若干よい (中間)	左右同じくらいよい (中間)	右の項目が若干よい (中間)	右の項目がよい (中間)	右の項目が非常によい (中間)	右の項目が絶対的によい (中間)											
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9			
費用																		○	施設設備	
費用																			○	交通の便
費用																			○	スタッフ
施設設備																			○	交通の便
施設設備																			○	スタッフ
交通の便									○											スタッフ

図 4: 一対比較の結果の例

3 重要度の計算

重要度の計算 (固有値・固有ベクトルの計算) は, Web で行い, 結果を表計算ソフトウェアに転記する．評価基準間の一対比較を行う．

- (1) ブラウザ (IE やネットスケープ) を起動し, AHP ページ
<http://www.senshu-u.ac.jp/%7ethc0456/AHP/>
 に移動する．
- (2) 「AHP WEB」をクリック
- (3) 最初の画面では, 一対比較行列の列数 (評価基準の数または, 代替案の数) を入力する．
 (図 4 での評価基準間の一対比較は, 4 項目なので 4 と入力)
- (4) 一対比較行列の値を入力画面になる．図 4 の場合

1	1/3	1/7	1/5
	1	1/9	1
		1	3
			1

と入力する．

- 対角要素の 1 は，自動的に入る．
- 一つ比較行列の右上のみ入力する．左下の部分は，自動的に対応する右上の数値の逆数が入力される．

(5) 重要度および C.I. を確認する．

(6) 結果を表計算ソフトウェアに転記する．転記の仕方は，§3.1 を参照する．

3.1 結果を表計算に転記

一対比較行列，重要度や CI の計算結果は，カットアンドペーストを使って，表計算ソフトウェアに転記し，その後，総合評価値の計算やグラフ化に使う（例題のファイルを参照）．

(1) 表計算ソフトウェアを起動する．

(2) 重要度等が表示された WEB のウインドウに切り替える．

(3) 「テキストファイル」と書かれたリンクをクリック

(4) メニューバーの **編集** → **すべて選択**

(5) メニューバーの **編集** → **コピー**

(6) 表計算ソフトウェアのウインドウに切り替える．

(7) 表計算で貼り付けをする範囲の左上のセル（例えば B4）をクリックし，メニューバーの **編集** → **形式を選択して貼り付け** として，「テキスト」を選ぶ．計算結果が表計算ソフトウェアに転記される．

(8) 一対比較行列の表頭や表側に評価基準や代替案を記入しておくで見やすくなる（図 5）．

一対比較行列	費用	施設・環境	交通の便	スタッフ		重要度
費用	1	0.333333	0.142857	0.2		0.042062
施設・環境	3	1	0.111111	9		0.241824
交通の便	7.00001	9.00001	1	3		0.617305
スタッフ	5	0.111111	0.333333	1		0.098809
	C.I.=	0.49428				

図 5: 表計算ソフトに移したもの

3.2 代替案の対比較

§3.1 のプロセスを各評価基準だけではなく、各評価基準についての代替案間の対比較も行う。例えば、費用について対比較した結果を図 6 に示す。他に、例題の場合、「施設・環境」、「交通の便」、「スタッフ」について対比較を行う。

費用についての対比較

対比較行列	クラブA	クラブB	クラブC	重要度
クラブA	1	3	0.333333	0.230769
クラブB	0.333333	1	0.111111	0.076923
クラブC	3	9.00001	1	0.692308
	C.I.=	0		

図 6: 表計算ソフトに移したもの

4 総合評価値の計算

総合評価値は、図 7 のように計算する。上方に数値、下方にそれを計算するための計算式を表示してあり、2 つは同じものである。

- 図 7 の「転記」の表のように、対比較の結果を 1 つの表にまとめる。
- 図 7 の「積和を計算」の表のように、重要度と個別の評価基準の評価値の積を計算し、代替案毎に横に和をとり、それを総合評価値にする。

各セルの計算式は、次のようにする。

B52: 費用についての対比較値を転記する。G4 は、各評価基準の対比較値を貼り付けたセルである。カットアンドペーストを使わずに、=で転記しているのは、§6 で対比較をやり直したとき、自動的に残りの表に対比較結果を反映させるためである。

C52 ~ E52: B52 と同様に、計算式を設定する。

B53: 費用についての対比較値を転記する計算式を記入。

B54 ~ B55: B53 の計算式を複写する。

C53 ~ E53: B53 と同様に転記する計算式を記入。

C54 ~ E55: C53:E53 のセルを複写する。

B59: 重要度、評価値の対比較値（各代替案の個別評価値）の積を計算している。複写する都合のため、絶対参照を使っている。

B59 ~ E61: B59 の計算式を複写する。

総合評価値の計算

転記	費用	施設・環境	交通の便	スタッフ
重要度	0.042062	0.241824	0.617305	0.098809
クラブA	0.230769	0.142857	0.177276	0.070418
クラブB	0.076923	0.714286	0.085226	0.751405
クラブC	0.692308	0.142857	0.737498	0.178178

積和を計算	費用	施設・環境	交通の便	スタッフ	総合評価値
クラブA	0.009707	0.034546	0.109433	0.006958	0.160644086
クラブB	0.003236	0.172731	0.05261	0.074246	0.302823009
クラブC	0.02912	0.034546	0.455261	0.017606	0.536532818

計算式

	A	B	C	D	E	F
51	転記	費用	施設・環境	交通の便	スタッフ	
52	重要度	=G4	=G5	=G6	=G7	
53	クラブA	=F15	=F24	=F33	=F42	
54	クラブB	=F16	=F25	=F34	=F43	
55	クラブC	=F17	=F26	=F35	=F44	
56						
57						
58	積和を計算	費用	施設・環境	交通の便	スタッフ	総合評価値
59	クラブA	=B53*B\$52	=C53*C\$52	=D53*D\$52	=E53*E\$52	=SUM(B59:E59)
60	クラブB	=B54*B\$52	=C54*C\$52	=D54*D\$52	=E54*E\$52	=SUM(B60:E60)
61	クラブC	=B55*B\$52	=C55*C\$52	=D55*D\$52	=E55*E\$52	=SUM(B61:E61)

図 7: 表計算ソフトでの総合評価値の計算

F59 左のセルの和をとっている。

F60～F61 F59の計算式を複写する。

5 グラフ化

各代替案がどのように総合評価値を得たのかを確認するために、図 8 のようなグラフを作成する。

- (1) グラフ化する範囲（積和の計算の表、例では、A58～E61）を指定する。総合評価値の列は含めない。
- (2) グラフ化をする。横棒の中の「積み上げ棒グラフ」で、各棒で高さが異なるものを選ぶ。

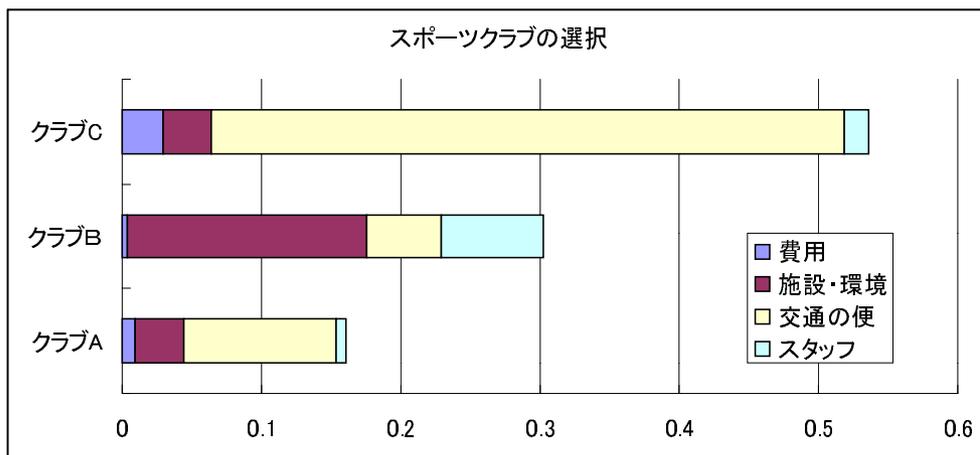


図 8: AHP の結果のグラフ化

(3) 系列は、「列方向」にする。

このグラフから例えば、次のようなことがわかる。

- クラブ C が総合評価値が一番高く、AHP の結果からはクラブ C が選択される。
- クラブ C が選択された大きな理由は、評価基準の中で「交通の便」の重要度 (0.62) が大きく、その評価値の高い (0.73) ことにある。C の総合評価値 (0.54) のうち、0.46 は、「交通の便」で獲得している。
- 「施設・環境」、「スタッフ」では、B の方が優っている。これらの評価基準を重視したときは、B が選択されることになる。
- A は、すべての面で C に劣っている。

6 一対比較のやり直し

CI が高かったり、AHP の結果に納得がいかなかった場合、一対比較をやり直すことがある。その場合、WEB で計算した結果をそのまま、表計算に貼り付ければ、自動的に総合評価値、グラフに反映される。

[問い合わせ先]

〒214-8580 神奈川県川崎市多摩区東三田 2-1-1

専修大学商学部 高萩 栄一郎

TEL:044-900-7988 FAX:044-900-7849

e-mail:takahagi@isc.senshu-u.ac.jp

(資料 2:)

表計算ソフトウェアを使って AHP を行う*

高萩栄一郎
専修大学 商学部

1 はじめに

この資料は、表計算ソフトウェア (Microsoft Excel) を利用して、AHP の総合評価値の計算を行うものである。

1.1 特徴

次のような特徴を持つ。

- 一対比較行列から重要度、整合度 (CI) を求める関数「AHP」を作成しており、それを利用する。
- 一対比較をアンケート用紙形式で記入することができる。
- 一対比較の結果や総合評価値をグラフ化できる。
- 関数と表計算の計算式で設定しているので、一対比較値を変更すれば、即座に総合評価値、グラフに反映する。
- 上記の機能を利用して、実際の利用者との対話的に AHP を行うことができる。
- Excel 用に作成しているが、若干の修正で他の表計算ソフトウェアでも利用可能である。

1.2 関数 AHP の利用

AHP の総合評価値の算出 (固有値、固有ベクトルを求める計算) は、表計算ソフトウェアのマクロ (VBA) を用いている。マクロのソースファイルは、

* 本研究の一部は、「平成 12 年度 専修大学情報科学研究所、『ネットワークを利用した教育システムの開発と運用について』」、「平成 11-12 年度 文部科学省 科学研究費 基盤研究 (C) 『経営数学の体系化と共通教材開発の方法についての研究』」および「平成 13-14 年度 文部科学省 科学研究費 基盤研究 (C) 『新しい経営数学のありかたと文系学部における教育方法の研究』」の研究費の成果物である。ここに感謝する。

<http://www.senshu-u.ac.jp/%7ethc0456/AHP/index.htm>

から、ダウンロードできる。

Excel での組み込み方は、次のように行う。

- (1) メニューバーの **ツール** → **マクロ** → **Visual Basic Editor**
- (2) メニューバーの **挿入** → **標準モジュール**
- (3) メニューバーの **挿入** → **ファイル** として、ダウンロードしたファイル (AHP.BAS) を読み込む
- (4) メニューバーの **ファイル** → **終了して Microsoft Excel に戻る**

また、§1.3 の例題のファイルから変更することも可能である。

1.3 例題のファイル

このテキストの例題のファイルは、

<http://www.senshu-u.ac.jp/%7ethc0456/AHP/index.htm>

から、ダウンロードできる (ファイル名:ahps.xls) ので、このテキストと併用していただきたい。ただし、例題のファイルは、Excel のマクロを利用しているので、起動時にマクロの確認をしてくる。このとき、「マクロを有効にする」としないと利用できない。

2 階層図の作成

階層図の作成は、資料「AHP レポート作成法 (計算、図の作成)Web 版」の「§1 階層図の作成」と同様である。

3 一対比較のアンケート用紙

以下、表計算ソフトウェア (Excel) を用いて説明する。できるだけ例題のファイルを参照されたい。

3.1 アンケート用紙の作成

まず、図 1 のような AHP のアンケート用紙を作成する。実際は、罫線で囲った部分 (A3:S9) になる。B1:R1 は、対応する列の一対比較値で、後ほど使用する。また、CI の値も後ほど計算する。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1		9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9		
2	評価基準の一对比較																		CI	0.13745864
3		左の項目が絶対的によい (中間)		左の項目が非常によい (中間)		左の項目がよい (中間)		左の項目が若干よい (中間)		左右同じくらいよい (中間)		右の項目が若干よい (中間)		右の項目がよい (中間)		右の項目が非常によい (中間)		右の項目が絶対的によい (中間)		
4	費用			1																施設・環境
5	費用								1											交通の便
6	費用					1														スタッフ
7	施設・環境										1									交通の便
8	施設・環境											1								スタッフ
9	交通の便					1														スタッフ

図 1: アンケートのセル

3.2 一对比較の実施

一对比較は、枠線で囲った部分の一对比較で当てはまる部分 (A3:S9) に数字の 1 を記入していく。変更する場合は、変更前の 1 を削除する。

注意：1 を記入するのは各行につき、1 ヶ所である。

3.3 一对比較値の計算

一对比較が正しく行われたかどうかと一对比較値を求める (図 2 参照)。

各行の合計を求める 一对比較が正しく行われたかどうか確かめるために、U 列に 1 を入力する場所の合計を求める。

セル	計算式	意味
U4	=SUM(B4:R4)	左のセルの合計の計算式

複写元	U4
複写先	U5:U9

各行の合計が 1 かどうか確かめる 各行につき、1 ヶ所 1 を記入するので、各行の合計を求め、1 でなければ NG を、1 ならば OK を出力する。

	U	V	W
1			
2			
3			
	合計	入力	一対比較値
4	1	OK	7
5	1	OK	1
6	1	OK	5
7	1	OK	1/2
8	1	OK	1/3
9	1	OK	5

図 2: 一対比較値の計算

セル	計算式	意味
V4	=IF(U4=1,"OK","NG")	U4 が 1 かどうか確かめる計算式

複写元	V4
複写先	V5:V9

一対比較値を求める 1 を記入したセルの上方の枠線 (B1:R1) 内の値を一対比較値とする。

計算の考え方

- 一対比較を記入するセル (B4 ~ R4) と枠線 (B1:R1) の対応するセル (B1 ~ R1) との積を求め、その和 (総和) を求める。たとえば、W4 は、

$$B4 * B1 + C4 * C1 + D4 * D1 + E4 * E1 + F4 * F1 + \dots + R4 * R1 \quad (1)$$

とする。

- 一対比較を記入したセル (B4 ~ R4) では、D4 のみ 1 で、他のセルは空白になっている。空白のセルは 0 と見なされるので、式 (1) では、 $D4 * D1$ のみが 0 以外で、他の項 ($B4 * B1$ など) は、0 となる。D4 = 1 なので、 $D4 * D1 = D1$ 、つまり一対比較値の 7 になる。したがって、すべての項の和が一対比較値になる。

計算式の設定

- 計算式は、積和を求める関数「sumproduct」を用い、W4 には、次のように記入し、下に複写する。

セル	計算式	意味
W4	=SUMPRODUCT(B4:R4,B\$1:R\$1)	積和を求める

複写元	W4
複写先	W5:W9

- 「B1:R1」に\$マークをつけたのは、下方に複写してもいつでも1行目との積和をとるためである。
- 一対比較値は、通常分数の形式で表示するので、表示形式を分数にする。
 - (1) W4:W9を範囲指定
 - (2) メニューバーの「書式」→「セル」
 - (3) 「表示形式」のタグをクリック
 - (4) 分類から「分数」を選び、[OK]をクリック

4 一対比較行列の作成と重要度の算出

図3にしたがって、一対比較行列の作成と各重要度,CIを求める。

4.1 一対比較行列の作成

	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1								
2								
3								
4		費用	施設・環境	交通の便	スタッフ		重要度	
5	費用	1	7	1	5		0.4460	1
6	施設・環境	1/7	1	1/2	1/3		0.0820	2
7	交通の便	1	2	1	5		0.3530	3
8	スタッフ	1/5	3	1/5	1		0.1189	4
9						CI	0.1375	0

図3: 一対比較行列と重要度の算出

一対比較行列の作成は、次のように行う。

- (1) 一対比較行列の対角要素に 1 を記入する (Z5,AA6,AB7,AC8 に 1 を入力)
- (2) 一対比較行列の右上の部分を一対比較値のセルの値と同じにする。同じ値にするときには、セル W4 を複写し、AA5 に貼り付けるといった作業で行ってはならない。複写と貼り付けで行うと、一対比較が変更されたときに、一対比較行列に反映されなくなる。また、AA5 の設定結果を AB5 などに複写と貼り付けで設定できないので、手作業で各セルを設定しなくてはならない。

セル	計算式	意味
AA5	=W4	AA5 のセルの値を W4 と同じにする
AB5	=W5	AB5 のセルの値を W5 と同じにする
AC5	=W6	AC5 のセルの値を W6 と同じにする
AB6	=W7	AB6 のセルの値を W7 と同じにする
AC6	=W8	AC6 のセルの値を W8 と同じにする
AC7	=W9	AC7 のセルの値を W9 と同じにする

- (3) 2. で記入したセルの逆の位置の要素 (対称の要素) に逆数を与える

セル	計算式	意味
Z6	=1/AA5	逆の位置の要素の逆数
Z7	=1/AB5	"
Z8	=1/AC5	"
AA7	=1/AB6	"
AA8	=1/AC6	"
AB8	=1/AC7	"

- (4) 一対比較行列 (Z5:AC8) の表示形式を分数にする。

4.2 重要度の算出

重要度の算出には、Excel のマクロ (VBA) で作成した関数 AHP を利用する。関数 AHP は、一対比較行列を入力として与えると、関数の値として重要度や CI、最大固有値を返す。関数 AHP の引数を表 1 に示す。実際には、一対比較行列は、対角要素の右上の要素しか計算には利用しない。

(関数 AHP の表への導入方法は、1.2 を参照)

表 1: 関数 AHP の仕様

関数名	AHP
機能	一対比較行列を与えると、重要度や CI, 最大固有値を返す。
引数 1	何を出力するか? -1:最大固有値, 0:C.I.(整合度) 1:1 番目の重要度, 2:2 番目の重要度, ..., n:n 番目の重要度
引数 2	一対比較行列の列数 (または行数)
引数 3	一対比較行列の範囲 (ただし、一対比較行列の右上しか利用しない)

準備 図 3 のように、AF の列 (AF5 ~ AF9) に、あらかじめ関数 AHP の 1 番目の引数の値を入力しておく。

1 番目の重要度 (AE5) 関数 AHP を用いて 1 番目の重要度を求める。AE5 には、

セル	計算式	意味
AE5	=AHP(AF5,4,\$Z\$5:\$AC\$8)	1 番目の重要度を求める

と記入する。1 番目の引数 AF5 は、1 番目の重要度を表示するので、準備で入力した場所を指定する。2 番目の引数は、費用、施設・環境、交通の便、スタッフの 4 項目なので、4 とする。3 番目の引数は、一対比較行列の範囲、Z5:AC8 を指定する。ただし、下方に複写するとき、この一対比較行列の場所は不変なので、\$マークをつけておく。

計算式の複写 AE5 の計算式を AE6 ~ AE9 に複写する。

C.I.(整合度) セル AE9 の整合度の値の計算は、AF5 に 0 が設定されているので計算式の複写で行うことができる。

また、セル S1 に、

セル	計算式	意味
S1	=AE9	アンケート用紙の部分にも CI を表示

として、整合度を一対比較のアンケート用紙の近くに表示させる。

4.3 他の一対比較

評価項目間の場合と同様に、代替案の一対比較も行う。実際の例は、例題のファイルを参照されたい。

	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
49	総合評価値の計算						
50	重要度をかける前の値						
51		費用	施設・環境	交通の便	スタッフ		
52	重要度	0.4460	0.0820	0.3530	0.1189		
53	クラブA	0.2067	0.7688	0.1049	0.6506		
54	クラブB	0.0581	0.1309	0.7986	0.1268		
55	クラブC	0.7352	0.1003	0.0965	0.2225		
56							
57	重要度をかけた後の値						
58		費用	施設・環境	交通の便	スタッフ	総合評価値	
59	クラブA	0.0922	0.0631	0.0370	0.0774	0.2697	
60	クラブB	0.0259	0.0107	0.2819	0.0151	0.3337	
61	クラブC	0.3279	0.0082	0.0341	0.0265	0.3966	

図 4: 総合評価値計算表

5 総合評価値計算表の作成

図 4 は、総合評価値の計算の表であり、上部の「重要度の値をかける前の表」は、一対比較値そのままの値であり、下部の「重要度の値をかけた後の表」は、各評価項目の各代替案の評価値に、重要度を掛けた値である。

重要度の値 重要度の値を指すセルの指定は、縦に並んだセルを横に移すために、各セルを「=セルのアドレス」という形式で、手動で設定する。例では、次のように設定する。

セル	Z52	AA52	AB52	AC52
計算式	=AE5	=AE6	=AE8	=AE9

注意：「形式を選択して貼り付け」で行と列を入れ替えて複写できるが、「形式を選択して貼り付け」では、計算式ではなく値そのものを複写する。この場合、一対比較なので値を変化させたとき、その値が反映されなくなる。

各代替案の評価値 重要度のセルと同様に各代替案の評価値も「=セルのアドレス」という形式で複写する。ただし、一番上の代替案（クラブ A）のセルの計算式を指定すれば、他の代替案の計算式は複写で設定できる。例の場合の設定は次のようになる。

セル	Z53	AA53	AB53	AC53
計算式	=AE15	=AE24	=AE33	=AE42

複写元	Z53:AC53
複写先	Z54:AC55

代替案の評価値 × 重要度 総合評価値を計算するために、「代替案の評価値 × 重要度」を「重要度をかけた後の表」に計算する。Z59 の計算式は、

セル	計算式	意味
Z59	=Z53*Z\$52	代替案の評価値 × 重要度

となる。\$マークを付けたのは、複写の際に、重要度のセルはいつも 52 行目なので、52 が変化しないようにしたためである（絶対番地，絶対参照）。この Z59 の計算式を複写する。

複写元	Z59
複写先	Z59:AC61

総合評価値 各代替案の総合評価値は、それぞれの評価基準についての「代替案の評価値 × 重要度」の合計である。

セル	計算式	意味
AD58	=SUM(Z59:AC59)	代替案の評価値 × 重要度の合計

複写元	AD58
複写先:	AD59:AD61

6 グラフ化

各一対比較の結果や総合評価値をグラフ化することにより、視覚的に訴えることができる。

図 5 は、重要度を一対比較結果をグラフ化したものである。グラフ化には、複数の領域の範囲指定を使うので注意する。

- (1) Y5:Y8 を範囲指定
- (2) **Ctrl** キーを押しながら，AE4:AE8 を範囲指定
- (3) グラフ化を行う

図 6 は、総合評価値をグラフ化したもので、各代替案の総合評価値とどの項目が影響したのかが一目でわかる。

- (1) Y58:AC61 を範囲指定
- (2) グラフ化のボタンをクリック
- (3) グラフの種類は「積み上げ横棒」を選ぶ
- (4) グラフの元データの系列では、行と列を誤認識することが多いので、必要に応じて、系列を行にする。

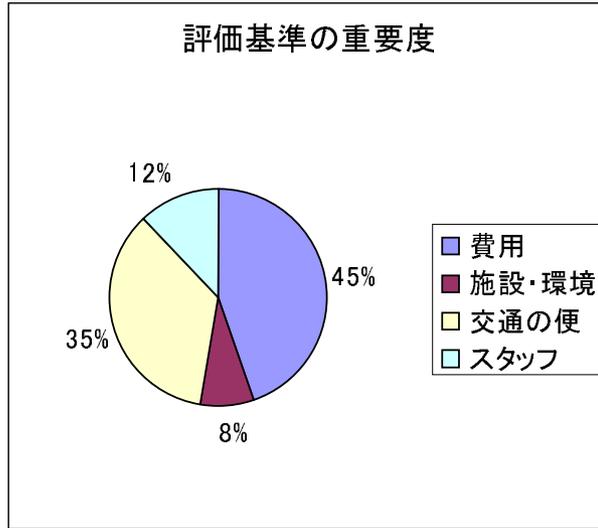


図 5: 重要度の一対比較結果のグラフ化

7 対話的な利用

この表計算ソフトウェアを使うと、一対比較の変更が瞬時に総合評価値（やそのグラフ）に反映する．この性質を使って、利用者が対話的に利用して、意思決定を行うことができる．そのとき、一対比較のある部分は、情報不足などで、利用者よりも専門家のほうが優れた一対比較を行うことができる．そこで、以下のようなシステムを作ることが可能である．

7.1 趣旨

（イ）代替案の一対比較は、作成者が行う 代替案間の一対比較は、意思決定者より専門家の方が情報が多かったり、ポイントを押さえていたりして、よりよい一対比較を行うことができることが多い．

たとえば、スポーツクラブの選択では、「施設・環境」や「スタッフ」は、パンフレットなどではわかりづらく、実際に利用してみなくてはわからない．そこで、「施設・環境」や「スタッフ」の各スポーツクラブ間の一対比較は、あらかじめ、専門家が行っておく．

代替案の一対比較、および、その結果は、専門家の知識となる．したがって、作成したシステム（表）は、専門家の知識が入ったシステムとなる．

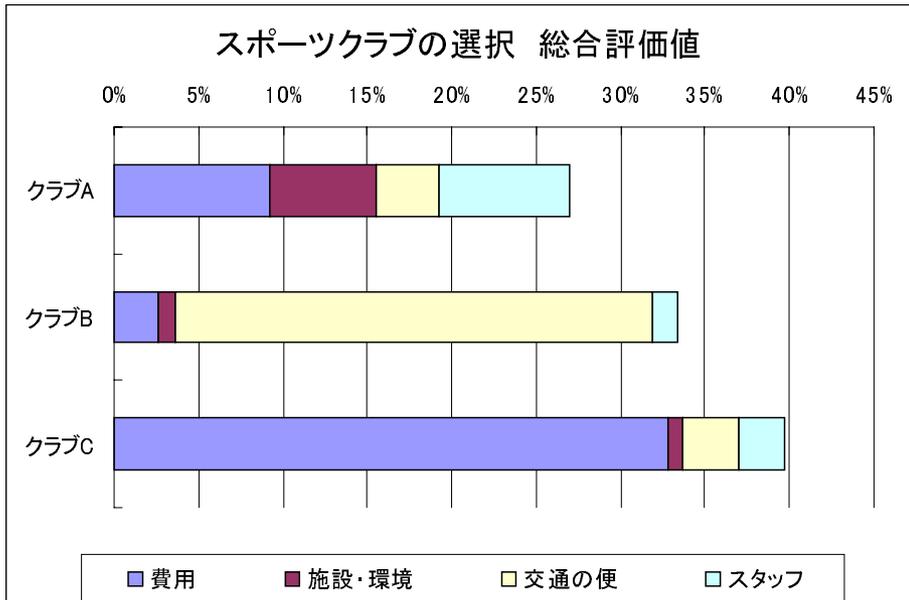


図 6: 総合評価値のグラフ化

(ロ) 評価基準の一对比較は、利用者が行う 評価基準の一对比較は、利用者の目的や考え方、感性などで異なるので、利用者が行う。

(ハ) 一部の代替案の一对比較は利用者が行う 「交通の便」は、スポーツクラブの所在地と職場、学校、自宅との関係であるので、スポーツクラブの専門家より利用者の方がよく知っていることが多い。そこで、この評価項目の代替案間の一对比較は、利用者が行ってもよい。

また、「費用」については、入会金と年会費など関係があり、単純に比較できない場合があり、専門家が行うのが良いのか、利用者行うべきなのかは、微妙である。

7.2 利用方法

あらかじめ行っておくこと

- (1) (ロ) の一对比較は、あらかじめ作成者が行っておく。作成者（専門家）が複数いるときは、グループによる一对比較（一对比較値の幾何平均）で決定する。
- (2) (ハ) の一对比較についても、(ロ) と同様にデフォルトの値をあらかじめ決定しておく。

対話的な利用時

- (1) 利用者に(イ)の対比較を行ってもらい、総合評価値のグラフ(図6)を提示する。
- (2) 利用者との対話をしていき、(ハ)の値を修正する必要があるときは、対比較を行ってもらう。
- (3) グラフやCIの値を見ながら、対比較をやり直したりする。

[問い合わせ先]

〒214-8580 神奈川県川崎市多摩区東三田 2-1-1

専修大学商学部 高萩 栄一郎

TEL:044-900-7988 FAX:044-900-7849

e-mail:takahagi@isc.senshu-u.ac.jp

平成15年 3月20日 発行

専修大学商学研究所報

第34巻 第8号

発行所 専修大学商学研究所
〒214-8580
神奈川県川崎市多摩区東三田2-1-1

発行人 上 田 和 勇

製 作 佐藤印刷株式会社
〒150-0001 東京都渋谷区神宮前2-10-2
TEL 03-3404-2561 FAX 03-3403-3409

Bulletin of the Research Institute of Commerce

Vol. 34 No.8

Mar 2003

AHP Course Materials using Computer Systems

Eiichiro TAKAHAGI

An AHP Course Material using WEB systems

Eiichiro TAKAHAGI

An AHP Course Material using Spredsheat Software

Eiichiro TAKAHAGI

Published by
The Research Institute of Commerce
Senshu University

2-1-1 Higashimita, Tama-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa, 214-8580 Japan