

階層分析法支援プログラム

森 重 雄*

AHP (Analytic Hierarchy Process) Support Program

Shigeo Mori

要 旨

階層分析法(AHP)は、代替案の中から適切なものを採択する手法である。異なる尺度の比較や、定量化できない評価基準も扱えることからよく使用されるようになり、このためのソフトウェアも市販されている。
筆者は、本校情報工学科の実習環境でも手軽に操作できるプログラムを開発したので、その機能、特徴、実現方法などについて報告する。

Abstract

AHP is one of the useful methods to decide various problems at management, engineering, official duties, and so on. We teach AHP method to students on Systems Engineering, and had been longing to get AHP support program. So, the author has developed this program for students. This paper reports AHP support program, including it's functions, features, techniques, and others.

1. はじめに

情報工学の教科の一つであるシステム工学では、意思決定手法の一つとして階層分析法を教授している。階層分析法（以降AHPと略す）は、米国ピッツバーグ大学のサーティ教授が提唱したもので、近年、企業などにおける意思決定の場面で広く使用されるようになった。

AHPは以下の手順で最適な代替案を決定する。

- (1) 対象を問題、評価基準、代替案という3つの大きな階層に分け、さらに必要に応じて評価基準を多階層に分類する。
- (2) 各階層の評価基準について一対比較表を作成し、評価基準構成項目ごとに一対比較値を設定して相対評価をする。
- (3) 各階層の一対比較表について、個有値を求め、さらに評価基準構成項目ごとの重みを決定する。
- (4) 各階層の重みを統合して、各代替案の評価値を決定する。評価の最も大きい代替案を採用する。

AHPを応用できるようになるには、複数の問題について適用訓練をする必要があるが、一対比

較表の作成、個有値の計算は非常に手間がかかる。そこで、実習環境で手軽に操作できる階層分析法支援プログラム（以降AHP支援プログラムと略す）を開発した。

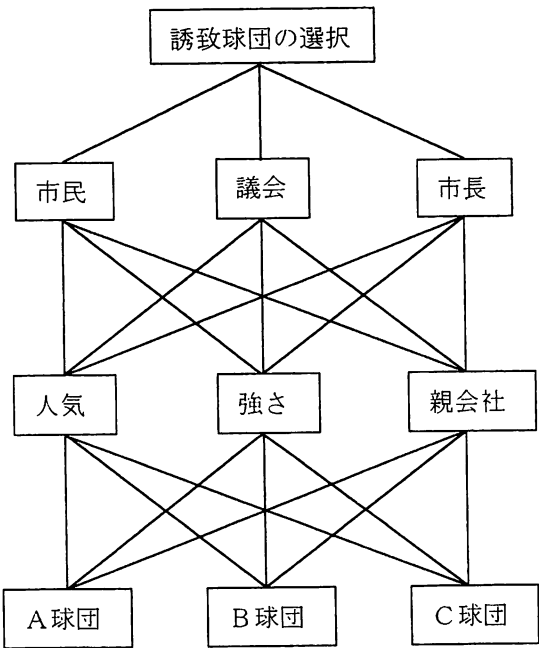


図1 AHPの階層図例³⁾

*教授 情報工学科

2. プログラムの機能

AHP支援プログラムは、一対比較表作成、一対比較値入力支援、個有値と重み計算、代替案の評価グラフ作成、感度分析、感度分析グラフ作成、シート管理、一対比較表データ複写の機能をもつ。

2.1 一対比較表作成機能

Excelシート上の対象問題を入力し、一対比較表を別のシート上に作成する。対象問題は、階層化されたものである。利用者は、以下の基準で対象問題を問題シートに定義する。

- (1) 上位のレベル項目の右の列にその下位のレベルの項目を列挙する。
- (2) もし、下位のレベル項目にさらに下位のレベル項目がある場合は、そのレベル項目の右の列にさらに下位のレベルの項目を列挙する。
- (3) 下位のレベル項目に複数の上位レベル項目をもたせる場合は、複数の上位レベル項目を定義するとき、行を続けて列挙する。
- (4) 最右端の列に、代替案のレベル項目を列挙する。

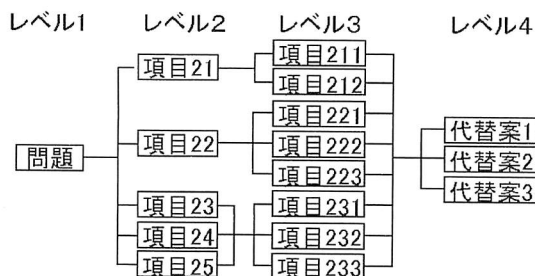


図2 問題の例

	A	B	C	D
1	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
2	問題	項目21	項目211	代替案1
3			項目212	代替案2
4		項目22	項目221	代替案3
5			項目222	
6			項目223	
7		項目23	項目231	
8		項目24	項目232	
9		項目25	項目233	

図3 問題シートの定義例

問題の例およびその定義例を図2および図3に示す。AHP支援プログラムは、図3の問題定義表を入力して、図4の一対比較表を生成する。

問題	項目21	項目22	項目23	項目24	項目25	重み
項目21	1					
項目22		1				
項目23			1			
項目24				1		
項目25					1	

項目21	項目211	項目212	重み	実効重み
項目211	1			0.000
項目212		1		0.000

項目22	項目221	項目222	項目223	重み	実効重み
項目221	1				0.000
項目222		1			0.000
項目223			1		0.000

項目23	項目231	項目232	項目233	重み	実効重み
項目231	1				0.000
項目232		1			0.000
項目233			1		0.000

項目24	項目231	項目232	項目233	重み	実効重み
項目231	1				0.000
項目232		1			0.000
項目233			1		0.000

項目25	項目231	項目232	項目233	重み	実効重み	重み和
項目231	1				0.000	0.000
項目232		1			0.000	0.000
項目233			1		0.000	0.000

項目211	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み
代替案1	1				0.000
代替案2		1			0.000
代替案3			1		0.000

項目212	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み
代替案1	1				0.000
代替案2		1			0.000
代替案3			1		0.000

項目221	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み
代替案1	1				0.000
代替案2		1			0.000
代替案3			1		0.000

項目222	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み
代替案1	1				0.000
代替案2		1			0.000
代替案3			1		0.000

項目223	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み
代替案1	1				0.000
代替案2		1			0.000
代替案3			1		0.000

項目231	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み
代替案1	1				0.000
代替案2		1			0.000
代替案3			1		0.000

項目232	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み
代替案1	1				0.000
代替案2		1			0.000
代替案3			1		0.000

項目233	代替案1	代替案2	代替案3	重み	実効重み	重み和
代替案1	1				0.000	0.000
代替案2		1			0.000	0.000
代替案3			1		0.000	0.000

図4 展開した一対比較表

各表の重みには、固有値計算により求めた値を格納する。実効重みは、上位レベルの重みを考慮したもので、固有値計算により求めた重みに上位レベルの重みを乗じたものを格納する。

最後の対比較表の総合評価には、代替案ごとに全体の重みを総合した値を格納する。この値の一番大きい代替案が、採用すべき案となる。

実効重みと重み和、および総合評価のセルには、Excelの演算式を格納している。

2.2 対比較値入力支援

対比較表への値入力、以下に従って利用者が行う。

- ・縦軸の項目と横軸の項目の相対評価値を入力する。
- ・相対評価値は1～9の中から選択する。1は縦軸項目が横軸項目と同じ位重要、9は縦軸項目が横軸項目より極めて重要というように意味付けされている。
- ・対角軸を中心にした対照要素を、反対側要素の逆数にする。

以上の操作を簡略化するため、ドロップダウンメニューからの相対評価値入力を支援している。



図5 対比較値入力支援

ドロップダウンメニューから相対評価値を入力すると、反対側の要素に入力値の逆数を格納し、ブロックカーソルを次のセルへ移動する。1より小さい値を分数表示するので、理解しやすい。

2.3 個有値と重み計算

利用者は、AHPのメニューバーから固有値と重みの計算処理を起動する。指定した対比較表のみの計算と、全部の対比較表の計算を選択できる。

AHPの場合、最大の個有値だけ求めればよいので、個有値計算にはべき乗法（累積法）を採用した。この行列積計算には、Excelのワークシート関数MMULTを適用した。求まった固有値から固有ベクトルを計算し、それを正規化して重みとしている。重みが求まると、実効重みと総合評価が、Excelのワークシート関数により自動的に計算される。

さらに、固有値から整合度(Consistency Index)を計算する。この値が0.1を超えた場合、整合度のセル背景色を赤に設定し、エラーメッセージを表示する。

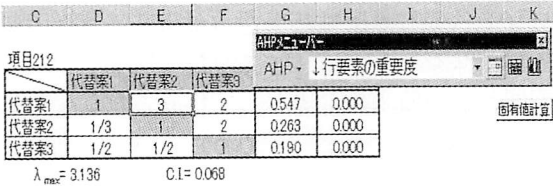


図6 固有値計算（正常）

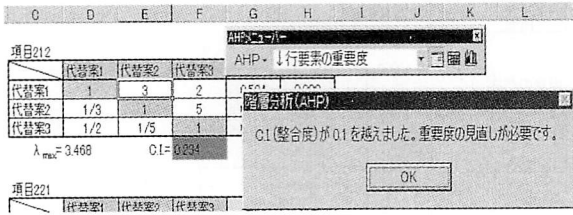


図7 固有値計算（異常）

利用者は、エラーメッセージが表示されたら、相対評価値を訂正して、再度、固有値と重みの計算をしなければならない。

2.4 代替案の評価グラフ作成

代替案の総合評価は数値で表現されるが、分かりやすくするため、グラフも表示する。利用者はAHPのメニューバーから総合評価グラフ作成を選択する。グラフは、ワークシートの埋め込みグラフとして作成される。

利用者が、グラフ作成後に相対評価値を変更して固有値と重みの計算をやり直したとき、グラフには最新の評価結果が自動的に反映される。

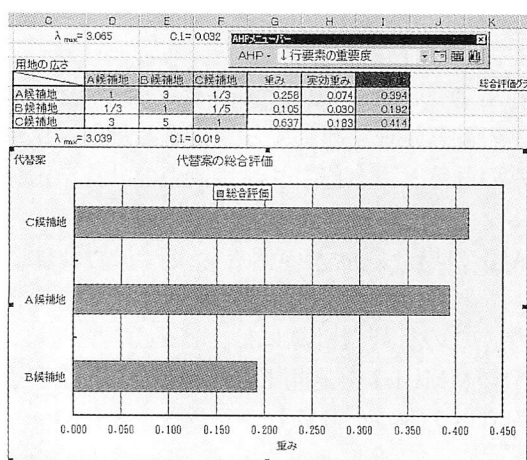


図8 代替案の評価グラフ作成

2.5 感度分析

総合評価が求まった後、ある評価項目に着目し、その評価値が変化することによって、代替案の評価がどのように変化するかを見る、感度分析を行える。利用者は、対象とする評価項目をダイアログボックスの対象評価基準から選択して感度分析を実行させる。

感度分析の結果は、表として作成される。対象

とする評価項目の評価値は、0から1までとし、0.1刻みで変化させている。

2.6 感度分析グラフ作成

感度分析の結果をグラフで表示できる。図9にその例を示す。グラフには、感度分析を行う前の評価結果が分かるようにしている。

2.7 シート管理機能

プログラムの効率的実現のため、問題定義シート、一対比較表シートを管理するシートを設けた。これにより、プログラムによる問題定義シートと一対比較表シートの対応関係把握が容易になる。シートの追加や削除の操作は、Excelの編集機能を使わず、本プログラムが表示するダイアログボックスで行うようにしている。

2.8 複数の一対比較表生成とデータ複写

一つの問題シートにつき、複数の一対比較表シートを生成できる。複数の比較表それぞれにデータを入力しなくて済むよう、一対比較表データの複写機能を持たせた。

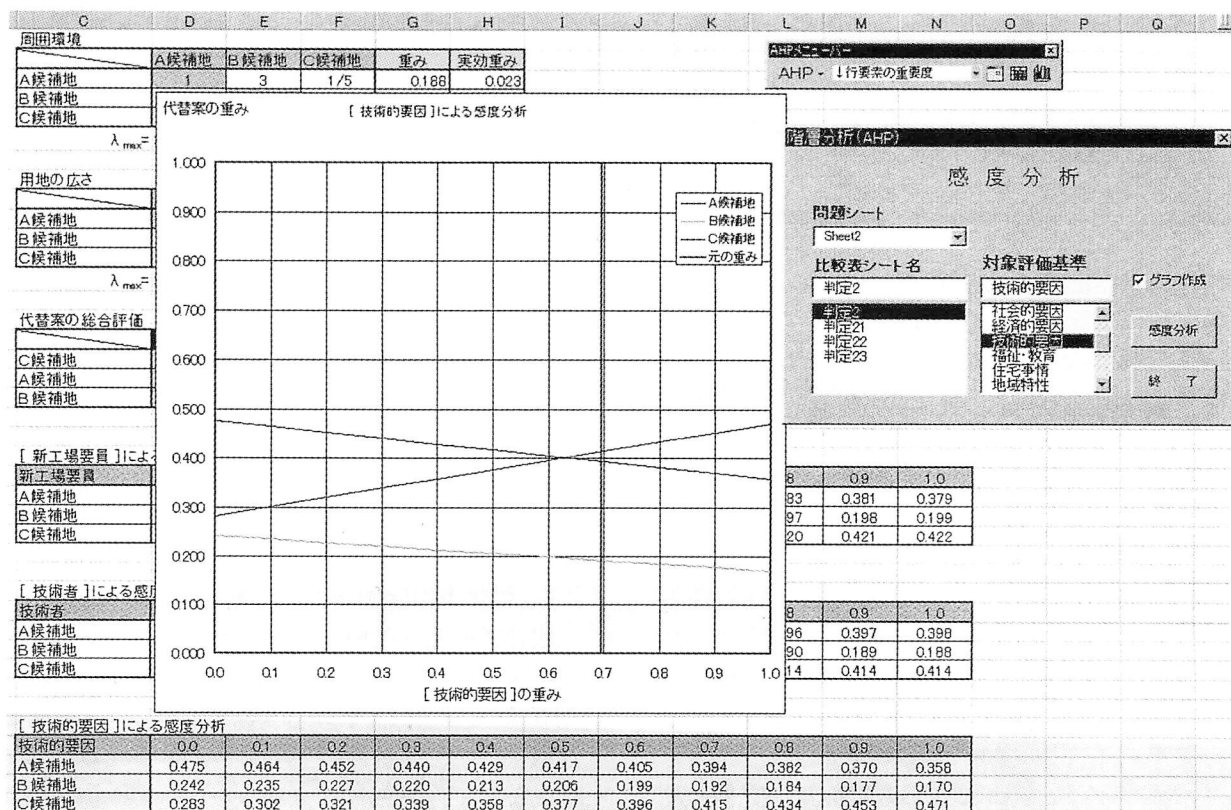


図9 感度分析のダイアログボックスと感度分析のグラフ

利用者は、ダイアログボックスで複写元および複写先のシートを指定すればよい。

3. 特 徴

3.1 参考書に準じた表現

一対比較表を、一般的な参考書の表現形式に準じた様式に設計した。特に、分数の表示は理解しやすい。このため、利用者は参考書のイメージそのままで学習できる。

3.2 画面分割表示

Excelの画面を分割して、問題シートと一対比較表シートを同時に表示した。これにより、問題と、それを展開した一対比較表を対比しながら、作業を進められる。

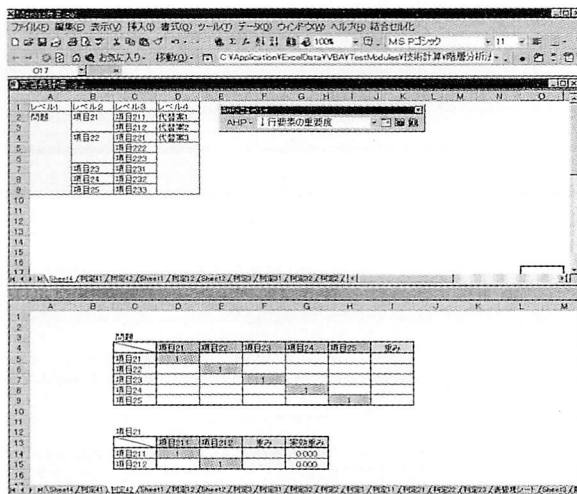


図10 画面分割

3.3 シミュレーション指向

一つの問題シートから一対比較表シートを複数生成できるので、条件を変えた評価を簡単に行える。評価結果は、表とグラフで保持されるので、各シミュレーション結果を容易に比較できる。

3.4 導入の容易性と実務への適用性

Excel環境という一般的な環境で動作するので、導入は容易である。また、実務にも適用できるレベルにある。

4. 実現方法

4.1 動作環境

本プログラムは、次の環境で動作する。

- (1) Microsoft Windows95
- (2) Microsoft Windows98
- (3) Microsoft WindowsNT/WS
- (4) Microsoft Excel97/Excel2000
- (5) ExcelVBA日本語ライブラリ

4.2 実 装

本プログラムを、VBAのアドイン形式で提供している。利用者が、本プログラムをExcel環境へ実装するには、メニューのツール→アドインから、このファイルを選択して組み込む。アドインとして組み込まれると、本プログラムは専用のメニューバーを表示する。以降、本プログラムの操作は、このメニューバーと、表示される各種のダイアログボックスから行う。

4.3 問題領域の選択

問題シートに定義されている範囲の特定は、マウスによるドラッグで行う。一対比較表を展開するダイアログボックスにはRefEditコントロールがあり、ここにドラッグにより選択したセル範囲のアドレスが格納される。プログラムはこれを取得して、選択されたセル範囲の行列番号に分解し、一対比較表の展開処理に使用する。

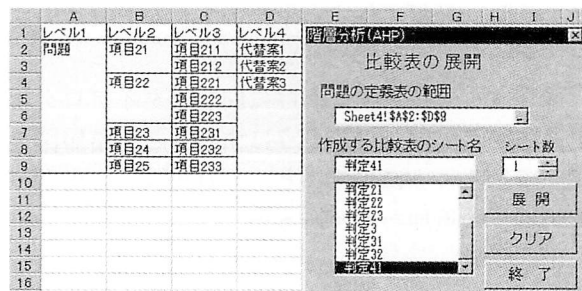


図11 問題の範囲取得

4.4 個有値計算と収束判定

Excelのワークシート関数MMULTを使用して行列の計算を行っているが、常に自動計算モードにしておくと計算結果が不正となるので、VBAプログラムで自動計算モードのオンオフ制御を行っている。また、ワークシート関数では収束判定を行えないので、VBAプログラムで収束したかを確認している。

4.5 評価値の入力支援

利用者は、一対比較表の評価値を入力する場合、メニューバーの重要度設定ドロップダウンメニ

ユーから対応するものを選択する。ドロップダウンメニューにはVBAのプロシジャ名が登録しており、このプロシジャが、現在選択されているセルに評価値を格納し、さらに対角の対となっているセルに評価値の逆数を格納する。プロシジャは、評価値格納完了後、他のセルへブロックカーソルを移動する。

4.6 画面分割

画面分割制御は、VBAのNewWindowメソッドなどを使用して行うが、本プログラムでは、筆者が開発したExcelVBA日本語ライブラリの画面操作モジュールを利用している。

4.7 グラフの作成

グラフ作成でも、筆者が開発したExcelVBA日本語ライブラリのグラフ操作モジュールを利用している。

5. おわりに

AHP支援プログラムは、Excelの環境で動作するので、Excel本来の機能を活用した操作を行える。特に、実行結果の保存、複数の実行結果の比較、シミュレーション、グラフによる確認が容易である。今後、教材の作成や学生の実習などに威力を発揮するものと期待している。

課題としては、素人向けに問題をダイアログボックスから入力できるようにすること、階層図を描画できるようにすること、一対比較表の配布・集約機能の追加などがある。

参考文献

- 1) 刀根 薫：ゲーム感覚意思決定法，日科技連，1986
- 2) 刀根 薫：AHP事例集，日科技連，1990
- 3) 木下栄蔵：意思決定論入門，近代科学社，1996
- 4) 森 重雄：ExcelVBA日本語ライブラリ仕様書，2000

(平成12年11月29日受理)