

## AHPとファジーを用いた 対話型スキー場選択支援システム

後藤繁生 佐藤 敬

東京工科大学

選択する対象の評価基準や知識が明確でない時の意思決定問題のスムーズな解決法について考える。スキー場を選択する場合を例に、スキー場の評価基準の重みの決定には階層化意思決定法 (AHP: *Analytic Hierarchy Process*) を用い、スキー場の特性値をその評価基準の値で表現するにはファジー推論を用いる方法を提案する。このシステムを *Windows 3.1* 環境のパソコン上で対話型システムとして実現している。

### *Interactive Decision Support System With AHP and Fuzzy Logic For Skiing Ground Selection*

*Shigeo Goto Takashi Sato*

*Dept. of Information Technology, Tokyo Engineering University  
1404-1 Katakura, Hachioji, Tokyo 192, Japan*

This paper deals with such a selection problem that we must choose only one alternative under vague criteria and information of the alternatives. An interactive decision support system is proposed for a skier to select one appropriate skiing ground. AHP is applied to clarify the skier's preference for the evaluation criteria and Fuzzy membership functions are employed to transform the features of each skiing ground into the index of the criteria.

This system is implemented on a personal computer under MS-Windows 3.1 environment.

## 1. はじめに

幾つかの候補の中から一つ選ぶという意思決定の作業は我々の日常生活に多数存在し、ごく自然に行われている。我々はふつう意思決定をする際、選び出す対象についての知識や基準、思惑といったさまざまな要因のもとで最良の候補を選び出すのであるが、実際すべての対象についてこれらの点を考慮しているとは言い難い。また、対象についての知識や基準が明確であればそれらをもとに一つを選び出すことができるが、知識や基準が明確でない場合が多く、対象を比較する際に偏りが生じてしまうのがふつうである。

そこでここでは、選択する対象の知識や基準が明確でない場合の意思決定問題のスムーズな解決法について考える。スキー場の選択を例に、スキー場についての知識や基準が明確でない人でもスキー場の選択ができるシステムを構築する。その際、スキー場について詳しくない人に代わってスキー場の善し悪しの判断をファジー推論に任せ、どのようなスキー場がいいのかというスキー場に対する各

個人の評価基準（ユーザの嗜好）を階層化意思決定法（AHP: *Analytic Hierarchy Process*）によって明確にするという二つの手法の融合によってシステムを構築する。

## 2. システムの理論

### 2.1 原理

本システムは図2.1のような階層構造になっている。レベル1の問題はスキー場の選択、レベル2はスキー場をどのような基準で選択するのかという評価基準であり、「多様性」「混雑度」「経済性」「宿泊施設」「交通の利便性」の5つを用いる。レベル3は代替案のスキー場群である。レベル2の評価基準の重要度はAHPによる一対比較でウェイト付けし、また、レベル3の各評価基準の観点でのスキー場の優劣は「評価基準の良さ」としてファジー推論で求める。スキー場はこの評価基準の良さをデータとしてっており、各レベルで定量化した数値を用いてスキー場の総合評価を行う。総合評価は一対比較によって求めた各評価基準の重要度（ウェイト）とスキー場がもっている各評価基準につ

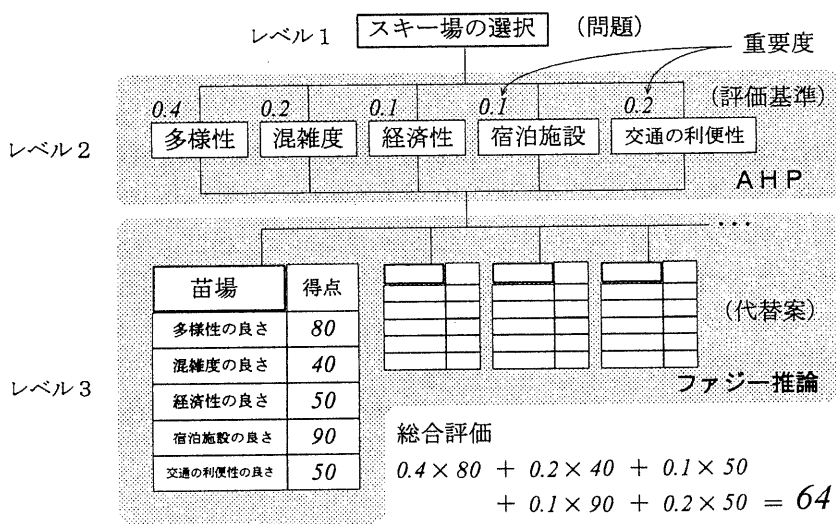


図2.1 システムの原理

いての良さを掛け合わせその総和とする。

例として苗場スキー場の総合評価を求める(図2.1参照)。評価基準「多様性」の重要度0.4と苗場スキー場の多様性の良さ80を掛け、評価基準「混雑度」0.2と混雑度の良さ40を掛けるという操作を繰り返し、これらの総和を求めると64となる。これが苗場スキー場の総合評価である。また、他のスキー場の総合評価を求め、総合評価がもっとも大きいものが候補として選択される。本システムでは第5候補までを推薦スキー場として出力する。

## 2.2 評価基準のウェイト付け(AHP部)

評価基準の重要度はAHPの一对比較によって求める。一对比較とは二つの対象を比較し、それらに優劣をつける操作である。一对比較は対象が二つのみであるので比較しやすく、我々の日常生活でもよく行われている。AHPは、比較する対象が複数の時でも対象を二つずつ取り出して一对比較し、この操作を繰り返すことで全部の対象について比較したのと同様な結果を得られるのが利点である。スキー場の選択の際、どの評価基準をどのくらい重要とするかは直感的には決められないところがあり、このような場合一对比較操作は向いているといえる。図2.2のように多様性、混雑度、経済性といった5つの評価基準の重要度(ウェイト)を直感的に決めること

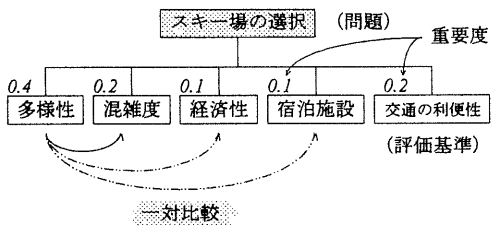


図2.2 一对比較

は大変困難であるが、多様性と混雑度、多様性と経済性のように一对比較を繰り返すことによって、全体を意識することなく二つの対象に注目するだけで、全体の比較つまり各評価基準の重要度が求められる。ウェイトの計算には一对比較行列というものが必要で、これは一对比較した結果を行列にしたものである。この一对比較行列の最大固有値における固有ベクトルすなわち最大固有ベクトルを求めこれをウェイトとしている。

## 2.3 ファジー推論部

スキー場のように特性を表す物理的数値データ(最大斜度、最大輸送能力、etc.)からスキー場の善し悪しを判断するような対象の場合、最大斜度が何メートルなら良いスキー場であるというような判断は何をもって定義していいのかが大変難しい。いろいろなスキー場に直接行った経験があるなら判断できるかもしれないが、それほど多くのスキー場に行ったことがないのが現実である。

最大斜度が何メートルなら良いスキー場であるといった判断には経験や勘が必要であり、この経験や勘をスキー場判定の知識としてシステムに組み込められれば、スキー場に限らず対象についての知識がない人にも容易に対象の善し悪しを判断することができる。そこでファジー推論に注目し、経験や勘といった知識を用いてスキー場の物理的数値データからスキー場の善し悪しを判定した。

経験や勘を知識として表現するためにIF~THENルールを用いる。ここでは例として物理的数値データである最大滑走距離(m)からファジー推論によって「多様性の良さ」に変換する様子を示す(図2.3)。

	最大滑走距離		多様性の良さ
知識	IF [条件部]	THEN	[結果部]
1	IF 短い	THEN	悪い
2	IF やや短い	THEN	やや悪い
3	IF 普通	THEN	普通
4	IF やや長い	THEN	やや良い
5	IF 長い	THEN	良い

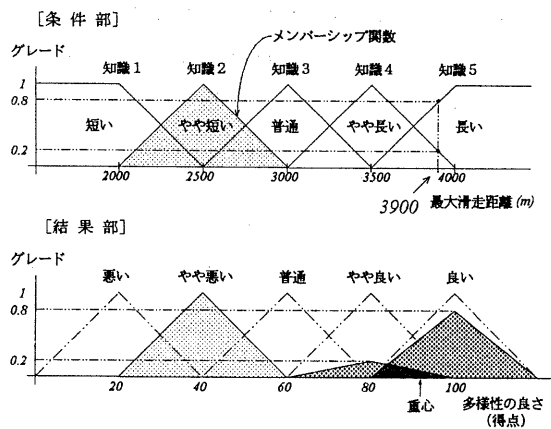


図2.3 ファジー推論による変換  
(「最大滑走距離」から「多様性の良さ」へ)

最大滑走距離を判断する知識は5つとした。IF~THENルールの「条件部」「結果部」はメンバーシップ関数で定義し、この関数が最大

滑走距離を判断する知識となる。例えば図2.3のように、知識2の条件部「やや短い」は最大滑走距離2000~3000(m)で定義され(条件部左から2番目のメンバーシップ関数)、この条件に対応する結果部「やや悪い」は結果部の左から2番目のメンバーシップ関数で定義される。

変換例として最大滑走距離3900(m)の多様性の良さを求めると、図2.3より3900(m)は知識4の条件部「やや長い」と知識5の条件部「長い」のメンバーシップ関数で処理され、それぞれグレードが0.2、0.8となる。グレードとは当てはまる度合のことであり、この場合「やや良い」が0.2、「良い」が0.8当てはまるということである。条件部のグレードが求まると結果部に移る。知識4の条件部に対応する結果部のメンバーシップ関数「やや良い」から条件部で求めたグレード0.2の高さの山を作る。同様に知識5の結果部のメンバーシップ関数「良い」は0.8の高さの山を作る。この二つの山の面積を積分で計算してその重心を求め、この重心の横軸の値を「多様性の良さ」とする。

表2.1 スキー場の物理的数値データ

項目	内容
最大斜度	最小値26度、最大値45度
最大滑走距離	最小値2000(m)、最大値10(km)
最大輸送能力	最小値5000(人/時)、最大値76172(人/時)
リフト料金	共通1日券の金額(ナイターは含まない)
宿泊料金	スキー場周辺の全宿泊施設の宿泊料金の平均
交通費	高速料金、有料道路、ガソリン料金
宿泊施設の数	スキー場周辺にある宿泊施設の数(ガイドに記載されている数)
所要時間	高速・有料道路を使用したときの所要時間(分)
距離	東京を基点としてスキー場までの距離(高速・有料道路を使用)
知名度	独自のアンケートによるもの
アフターファイブ	娯楽施設、温泉の有無など

## 2.4 数値データとファジー推論との結び付け

スキー場の物理的数値データは表2.1の通りである。これら数値をもとにファジー推論によって各評価基準に対するスキー場の得点を求めるが、その際、評価基準とスキー場の数値データが結び付いていなければならない。その関係を図2.4に示す。例えば多様性の良さの得点は、「最大斜度」「最大滑走距離」「最大輸送能力」の三つの物理的数値データからファジー推論によってそれぞれ得点を求め、これらの平均値とする。

最終的に代替案であるスキー場は、多数の物理的数値データからファジー推論によって各評価基準の良さに変換された5種類のデータを持つ。この5種類の評価基準の良さは多数の物理的数値データから各評価基準の善し悪しを求めているのでスキー場の特性を表していると考えることができる。

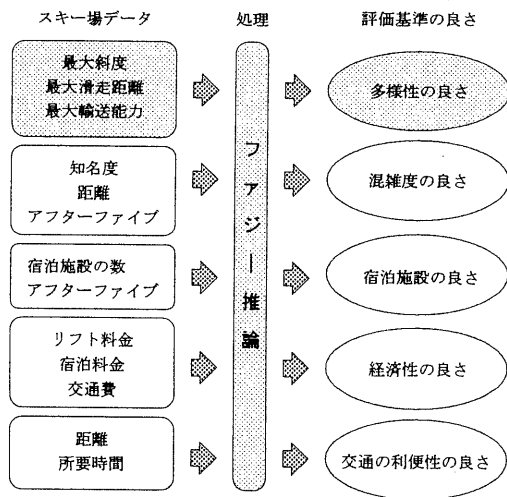


図2.4 データの結び付きと処理

## 3. システムの実現

本システムのように一般のユーザが使用するシステムでは操作性が重要であり、誰にでも馴染みやすいものでなければならない。また、スキー場を提案するというシステムの性質上、情報は見易いものでなければならない。よってこれらを満たすべく環境としてWindows 3.1に注目し、Windows 3.1用のソフトを開発できるVisual Basicを用いてシステムの開発をした。その結果、操作はすべてマウスで行え、また、Windows 3.1の特色である表示の見易さを実現することができた。

システムの実行例として筆者の嗜好を反映したスキー場の選択を行うことにする。

まず、どのような評価基準によってスキー場を選択するのか、必要な評価基準の選択を行う(図3.1)。ここでは5つすべての評価基準を選択しスキー場の選択を行うことにする。

評価基準を選択すると次に選択した評価基準の一对比較を行う。評価基準を5つすべて選択したので10回的一对比較をする。筆者の一对比較は図3.2のようになった。なお、この一对比較操作の方法は、例えば評価基準「多様性」と「混雑度」を一对比較した時、「多様性」の方が重要であるならマウスで画面上のサム(正方形)をクリックして「多様性」の方に動かし、「混雑度」の方が重要なら「混雑度」の方へ動かすものである。(図3.2では「多様性」の方が「混雑度」に比べてやや重要であると設定している。)

この一对比較によってユーザのスキー場に対する嗜好が評価基準の重要度として明確にされたことになる。

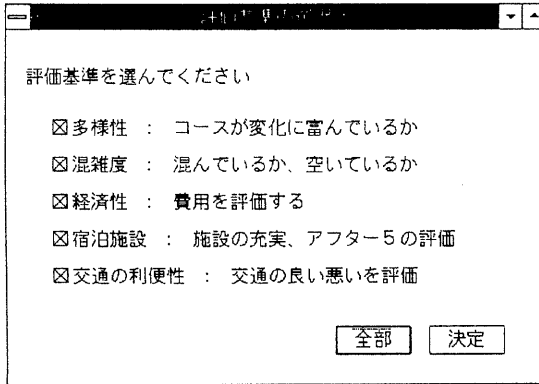


図3.1 評価基準の選択の画面

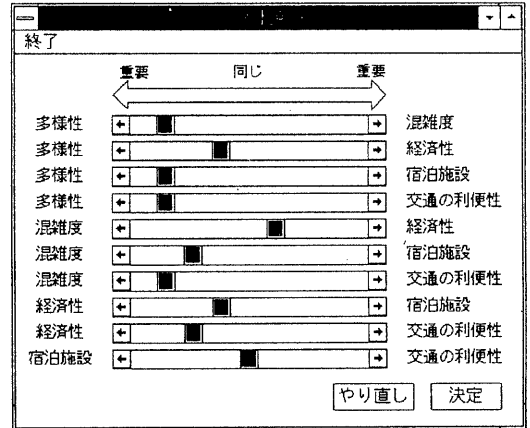


図3.2 一対比較の画面

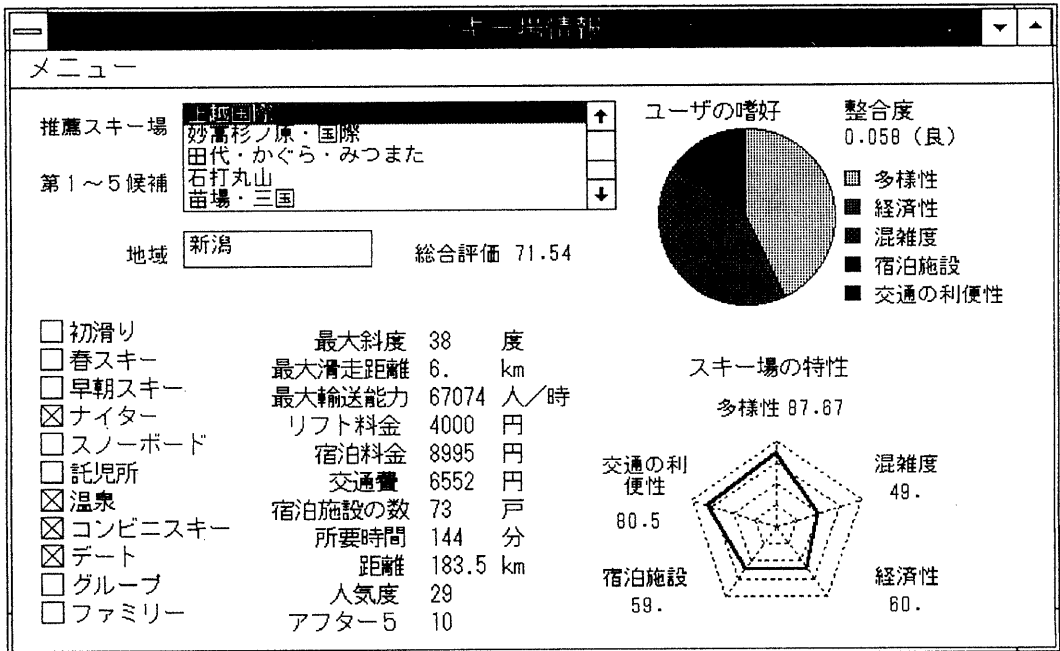


図3.3 選択されたスキー場情報の画面

以上の操作によってシステムは図3.3のように、選択した推薦スキー場（第5候補まで）を画面左上に、また、一対比較によって明確にしたユーザの嗜好である評価基準の重要度を画面右上の円グラフに表示する。なお、一般に多数の対象に対して一対比較を繰り返すと、一対比較の順位に矛盾を生じることが

ある。この矛盾の度合を整合度と呼び、AHPの手法ではこの値が0.1以下であればよいと言われている。このシステムでは図3.2の一対比較終了時点で整合度を計算し、図3.3の画面右上にその結果を表示している。もし整合度が0.1以上である時は、一対比較をやり直すことになる。

画面右下にはファジー推論によって求めたスキー場の特性を多様性の良さ、混雑度の良さなど各評価基準の良さという形でレーダーチャートで表す。また、画面左下にはスキー場の物理的数値データなどの情報を示す。

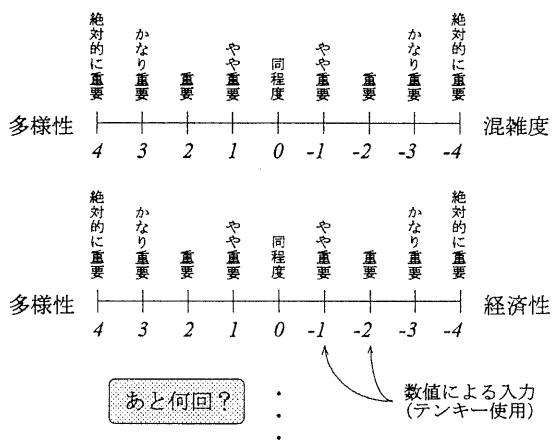


図4.1 数値入力による一対比較

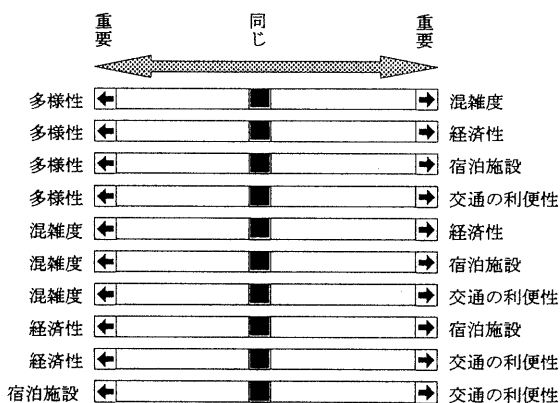


図4.2 マウスによる一対比較

## 4. 検討・考察

### 4.1 操作性の評価

複数の対象の中から人の意思によって何かを選択するという意思決定問題の解決には、人の意思をできるだけ忠実にシステムに伝え

ることが重要である。本システムではすべての操作をマウスで行えるため、人の意思を反映しやすく、また、操作性が良い。特に一対比較を図4.2のようなマウス操作にしたことにより、図4.1のようなテンキーによって数値を入力するタイプに比べ、一対比較時の人間の意思のように明確な境界がなく感覚的なものを表現しやすくなった。さらに、図4.2の一対比較全体を見渡せる画面構成は、一対比較の矛盾に気づきやすく、また、あと何回一対比較を行うのかという不安を解消できるという長所もある。

また、一対比較後の整合度も自動的に計算し、表示するようにしているため、順位付けの矛盾が生じることを心配する必要はない。

### 4.2 2手法融合による効果

複数の対象から一つを選択するだけであればAHPだけでも十分行える。しかし、AHPによって代替案を選択する場合、代替案に対する知識をユーザが持っていないとならず、この知識にもとづいて一対比較が行われ代替案を選択するのである。そこで、知識のないユーザに代わって対象の知識をもち代替案を選択するためファジー推論を導入した。スキー場の選択を例にシステムを構築した結果、スキー場を選択する際に必要な評価基準の選択、一対比較を行うことでユーザの嗜好すなわち曖昧なユーザの意思をウェイトとして定量化し、また曖昧なスキー場の特色もスキー場の物理的数値データからファジー推論によって求めることができた。これら曖昧な事象が明確になればスキー場の選択つまり代替案の選択も容易である。

すなわち、AHPによって人間の意思の分析を、また、ファジー推論によって代替案の特色付けを行うことにより、分析した意思に

最適な代替案を選択するシステムを実現している。

#### 4.3 他の対象への応用

他の対象への応用として、自分にあった自動車や家電品の購入時の選択、旅行先や就職先の決定など、何等かの基準（意思）をもって選択しようとする対象すべてに適用できる可能性がある。何かを選択するという過程は、まずどのような基準で対象を選択するのかという評価基準を考え、その評価基準を満たしているかどうかを吟味し最終的に一つを選択する。この過程を本システムでは、評価基準についてはAHP、その評価基準についての対象の吟味はファジー推論で行うことによって実現している。本システムはスキー場の選択を行ったが、他の対象でも選択する過程は同じなので本システムの考え方をそのまま応用することは可能である。応用する時の留意点としては、システムで採用する評価基準の吟味とその数、また評価基準を満たしているかどうかの判断をメンバーシップ関数によってどのように知識化するか二つである。評価基準については、ユーザの意思を反映するためにできるだけ多くの評価基準を用意し、これらを任意に選択できることが望ましい。しかし、評価基準を増やすことは、同時に評価基準を満たすかどうかといった判断のための知識も必要とする。この知識は対象を判断する重要な知識なため十分なデータ収集と検討が必要である。よって、この二つを十分に検討することが重要であり、また、これらを踏まえることでシステムの向上につながるといえる。

#### 5. おわりに

本研究では意思決定問題のスムーズな解

決法としてAHPとファジー推論を融合させたシステムを構築したが、専門知識を持たずに対象を選択できるシステムという点で、知らない分野の対象を選択する際の気軽な情報源として需要があるのではないかと考えられる。例えば、本システムのように自分にあったスキー場の選択する場合、スキー場について詳しくなくても、ユーザは選択の際に考慮する評価基準を対比較するだけで、システムが自動的に評価基準（ユーザの嗜好）を考慮したスキー場を選択し、ユーザは自分の嗜好を反映したスキー場を簡単に知ることができる。あまり詳しくない対象を選択しなければならないという場面は多々あり、自動車、家電品、旅行先、就職先の選択はその一例である。さらにシステムの発展として、評価基準や判断する知識の信憑性を確立することができれば、将来的には専門家によるコンサルティングを受けたのと同様の結果を出力するシステムになりうるのではないかと考えられる。

終わりに、本研究に対して助言やさまざまな形で協力して頂いた研究室の仲間へ心より感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 刀根薫：ゲーム感覚意思決定法、日科技連、1990
- [2] 真鍋龍太郎：階層化意思決定法AHPの展望、計測と制御 Vol.29, No.11, 1990
- [3] 刀根薫、真鍋龍太郎：AHP事例集、日科技連、7章 (p79~91)、1990
- [4] 広田薫：Fuzzy Expert system 解説書（基礎編・シミュレーション編）、コロナ社、1989
- [5] 佐藤こういち：'94 全国スキー場ガイド、山と溪谷社、1993