

Title	客観的情報にガイドされたユーザの主観に基づく購入 商品決定支援システムの構築
Author(s)	中山, 賢二
Citation	
Issue Date	2001-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/722
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

客観的情報にガイドされたユーザの主観的評価に基づく 購入商品決定支援システムの構築

指導教官 國藤 進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識社会システム学専攻

950067 中山 賢二

審査委員： 國藤 進 教授（主査）
藤波 努 助教授
西本 一志 助教授

2001 年 2 月

目 次

1	はじめに	1
1. 1	研究の背景と目的	1
1. 2	本論文の構成	4
2	提案方法の概要	5
2. 1	基本概念	5
2. 2	主観的要求の構造化	5
2. 3	評価構造の変換	7
2. 4	機能間の影響度の算出	11
2. 5	推薦商品の導出	13
3	評価実験	14
3. 1	実験手順	14
3. 2	ユーザ側要求重要度の算出	16
3. 3	代替案の決定	19
4	考察	20
5	結論	23

図 目 次

図 2. 1	基本構想の概念図	6
図 2. 2	QDA の基本概念	9
図 3. 1	『Choice Navigator』 入力画面	15

表 目 次

表 3. 1	要求品質重要度ベクトル	16
表 3. 2	関連度表	16
表 3. 3	品質要素重要度ベクトル	17
表 3. 4	クロスサポート行列	18
表 3. 5	直接影響行列	18
表 3. 6	機能間の影響を考慮した品質要素重要度ベクトル	18
表 3. 7	機能要素に対する代替案の固有ベクトル	19
表 3. 8	各代替案の優先度	19
表 4. 1	従来研究による各代替案の優先度	20

第 1 章

はじめに

1.1 研究の背景と目的

人々が商品を購入する場合、候補となる商品の情報を集め、それが自分の希望に沿ったものであるかどうか吟味した上で、特定の商品を購入するという意思決定を行う。

近年、インターネットの普及によって、アマゾン・ドット・コムに代表されるようなオンライン販売も増えてきているが、顧客によって使い方が異なることに加え、製品とサービスの形態が様々であるため、すべての商取引が Web に移転することはないと考えられる。

しかし、何を買うかを決めるために、Web を利用することは多い。たとえ Web 上のオンラインショップで購入を行なわないにしても、Web には膨大な量の情報が存在しており、個人でもそれらの情報を手軽に入手できるようになった。購入を検討している商品があれば、その商品のみならず、競合他社の商品に関する情報を入手し、比較検討を行うこともできる[1]。

しかし、価値観が多様化している現在では個人指向のもとに多彩な商品が生産されているため、膨大な量の情報から必要なものだけを選別するのは困難な作業である。また、データ化された商品の情報は、カタログスペックのような客観的なものが多く、それをうまく活かす専門的な知識が必要である場合が多い。

このような背景から、ユーザに対して適切な商品を推薦する技術に関して、すでにいくつかの研究が行なわれている。情報フィルタリングの分野では、ユーザの過去の商品購入履歴からそのユーザの嗜好を分析して類似したものを薦めたり、嗜好

の似たグループの構成員が好んだものを薦めたりする研究がある。しかし、この手法では推薦の理由は単に「似ている」というだけで、ユーザの嗜好が前回とは異なっている場合や、評価項目に共通項のない商品を選ぶ際には利用が困難である。

知的エージェントの分野ではネット上から推薦商品を探査する研究が行なわれているが、これらの多くは、あらかじめ用意された画一的な基準に基づいて探索を行うため、個々のユーザによって異なる嗜好には対応しない。

また、人工知能の技術を適用することにより、ネット上に掲載されている商品をユーザの視点から評価し、その結果を論理的に説明できるシステムについて研究が行なわれている[2]。この研究では、ユーザに対して「どの商品がよりユーザの好みに合致しているか」を推論し、適切な商品名の表示および推薦理由の論理的な説明の提供を行うシステムの構築を提案している。そして、こうした説明をもとに、ユーザは自分の持つ知識に照らし合わせながら推薦内容を吟味し、結果として、納得のいく意思決定に到達するものとされている。しかし個々の要素技術はまだ確立されていないものもあり、実際にシステムとしての実装はまだ行なわれていない。

意思決定問題を解決するための代表的な手法としては、主観的評価をシステムズ・アプローチと組み合わせた、AHP(Analytic Hierarchy Process)がある。AHPは、一対比較により評価項目間の重要度の定量化が容易で、異なる尺度を持つ評価項目間の評価を重要度という同一の尺度で明示的に取り扱うことができる。また、主観的評価による判断の矛盾を、整合度を算出することによって発見・修正ができる。これらの特徴から、意思決定者の知識や経験などによる主観的判断の定量化には非常に有効な手法であるといえる。

しかし、主観的な手法故に、結果を他者に主観的にしか説明できない、主観に頼り過ぎると誤った判断をすることがある、などの問題点も抱えている。そのため、このAHPに様々な問題分析手法を組み合わせ、より有効性の高い意思決定支援システムを構築する研究が進められてきた。

例えば、主観的な判断の根拠付けや納得のための説明付けに、包絡分析法(DEA: Data Envelopment Analysis)を用いて定量的データの効率性を評価する研究[3][4]がある。しかし、包絡分析法は入出力項目の組み合わせのみで重み付けを決めるため、主観的判断に較べて重み付けの自由度が制限されるという問題がある。また、包絡分析法では入出力の項目の比が最も大きな値、つまり効率性で各代替案の判断を行

う。従って、効率性以外の信頼性や柔軟性などで評価されるものや、単調増加、単調減少以外のデータは包絡分析法では分析できないため、分析結果を AHP に適用することができないという問題がある。

一方、組織におけるグループ意思決定に関して、異質な小集団における意思決定を支援するために、AHP に QDA (Quality Deployment Approach) の手法を組み合わせた研究[5][6]がある。この研究では、例えばユーザと開発者といった、知識や立場の違う参加者間において、それぞれの参加者の価値判断基準での要求を、関連度表を用いて相手の価値判断基準での要求へと変換する手法について提案されている。

この研究で提案された手法を応用すれば、ユーザから提示された主観的な要求に対して、それを機能要素に対する要求に置き換え、専門家の持つ客観的な製品情報（カタログスペック等）を用いることで、定量的な選好を行う手法が確立できるものと思われる。

しかし、専門家側の提示する製品の機能的要素は、製品の技術特性から成り立っており、一般的な工業製品ではこれらの技術特性が独立していることは少ない。例えば自動車の場合、「車両重量」は「燃費」に大きく影響を与えるし、「車体寸法」や「車両重量」の大きな車ほど「トルク」や「馬力」の大きなエンジンを搭載する傾向がある。従って、単にユーザの要求品質と関連の高い品質要素の重要度を高くするだけでは、適切な代替案を選ぶことが困難となることが予想される。

そこで本論文では、この問題に対して、複合問題分析手法である Dematel 法の方法論を用い、製品の持つ機能間の複雑な影響を構造化して、ユーザの要求を専門家側の次元に変換したものに加えることで、より適切な代替案の選好を行う手法について提案する。

具体的には、他の機能要素に対して与える影響が大きい機能要素には、より多くの重要度を与える。この加算される重要度は、影響を受ける側の機能要素に対するユーザの要求が高いほど、大きな値が与えられるものとする。これにより、ユーザからの直接的な要求が低い機能要素であっても、それが要求の高い機能要素に強い影響を与えている場合は、相応の重要度を得ることができる。

また、機能要素間の相互影響が比較的小さい製品にこの手法を適用した場合は、従来の手法とほぼ同じ結果が得られ、結果が改悪されることはない。

本研究では、この手法を実現するための論理モデルを提案し、シミュレーション

実験を行うことによって、その有効性を示すことを目的とする。

1.2 本論文の構成

本論文は、本章を含め 5 章で構成されている。第 2 章では、本論文で提案する論理モデルの概念について述べる。第 3 章では、提案した論理モデルを評価するために行ったシミュレーション実験とその結果について述べる。第 4 章では、実験結果に対する考察を述べる。第 5 章では、本研究の結論を述べる。

第 2 章

提案方法の概要

2.1 基本概念

図 3.1 に基本概念を示す。本システムでは、まず、ユーザの持つ主観的で定性的な要求項目を、代替案が備える機能要素に変換した評価構造を作成する。さらに、製品の持つ機能間の相互影響をそれに加えることにより、ユーザの要求を反映した定量的な評価構造を作成する。そしてこの評価構造を元に、代替案の中から最もこれに近いものを算出し、ユーザに推薦する商品とする。

2.2 主観的要求の構造化

意思決定とは、「問題の定義」、「代替案の抽出」、「評価基準の決定」、「代替案の評価」、「代替案の選定」という一連の行為を指す[7]。そして、意思決定過程は2つのステップに分かれる。第1ステップは「問題の定義」、「代替案の抽出」、「評価基準の決定」を含んだ「問題の構築」であり、第2ステップは「代替案の評価」、「代替案の選定」を含んだ「問題の分析」である。さらに、「問題の分析」は、データの内容によって2つに分かれる。1つは、質的なデータを取り扱う「定性分析」であり、もう1つは、量的なデータを取り扱う「定量分析」である。

このような意思決定問題を解くために、従来から様々な手法が開発されてきた。代表的な手法としては、線形計画法がある。

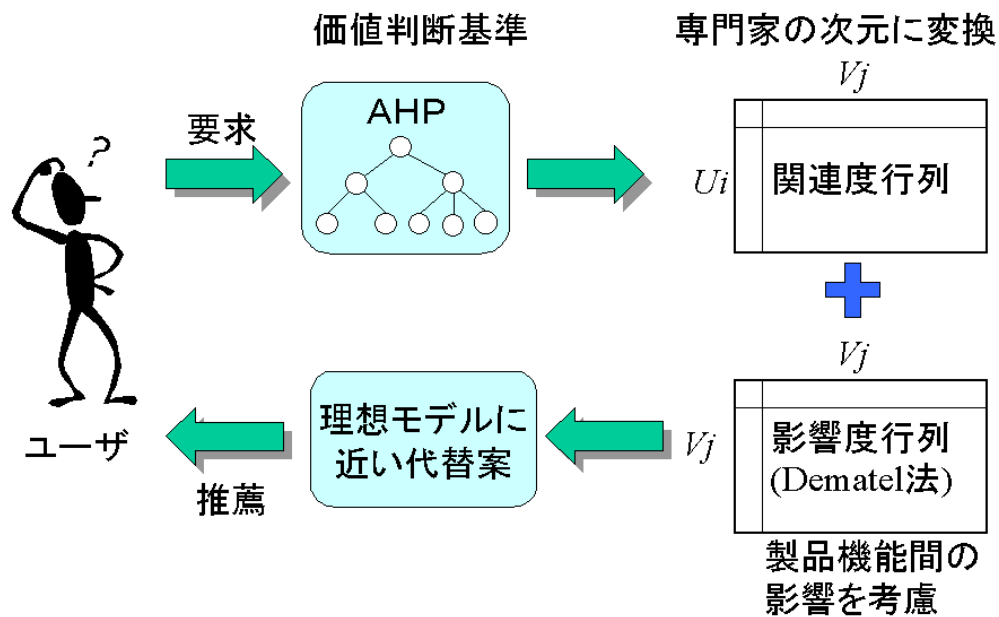


図 2.1：基本構想の概念図

しかし、線形計画法には、次のような制約がある。1つは、単一の目的しか処理できないこと。もう1つは、質的な情報を把握できないことである。

前者を解決するためには、複数の目的が追及されるような手法、すなわち多目的意思決定モデルが必要である。また、後者を解決するためには、質的な情報を処理できる手法が必要である。すなわち、フィーリングや勘あるいは曖昧な状況を解決する問題解決型のモデルである。

以上のような要請に応じて登場したのが AHP (Analytic Hierarchy Process) [7][8] モデルである。AHP は、問題を階層的に整理し、あるレベルの要素間の一対比較を、その1つ上のレベルにある要素を評価基準に用いて行う。そして、階層全体つまり意思決定問題から見た代替案の評価は、各評価基準毎に得られた優先度を合成することにより求まる。本研究では、主観的な一対比較によって容易に入力ができ、かつ入力した値に対する首尾一貫性の指標 C, I 値によって入力した評価値の妥当性を測ることができるという理由により、ユーザの主観的要求の構造化に AHP を採用

する。

具体的には、AHP 手法の第 1 段階を用いてユーザの要求項目と代替案の構造化を行う。そして、第 2 段階における一対比較によって、要求項目の重みベクトルを算出し、これを「要求品質重要度ベクトル」と呼ぶ。

2.3 評価構造の変換

代替案選択型の意味決定問題の解決には、問題の要因を構造化して代替案を評価するための評価構造を作成する必要がある。この評価構造は、代替案を評価する項目として参加者の価値判断基準を構造化することで得られる。したがって、この評価構造の与え方次第で代替案の評価結果に大きな影響を及ぼすため、適切な評価構造を作成することがこの類の意味決定問題の解決では重要である。

本システムでは、QDA(Quality Deployment Approach) [9][10][11]において用いられる品質表からヒントを得た関連度行列を用いて、ユーザの主観的な要求項目を、製品の機能的な品質要素による評価構造へ変換する。また、この関連度行列は、専門家側が一意に作成を行うものとする。

QDA は、製品開発における顧客満足度を重視した仕様設計を目的としており、ユーザの要求を設計段階から製品の開発に反映させていくユーザ指向型の品質管理方法論である。本節では QDA の概要を簡単に説明したあと、関連度行列を用いて評価構造の変換を行う方法について述べる。

一般にユーザの要求は主観的な言葉によって表現されるため、そのままでは設計ができない。そこで、ユーザの要求を技術特性に変換することが必要となる。ユーザの要求は要求品質と呼ばれ、ユーザの要求を満たすべき商品の品質は品質要素と呼ばれる。例えば自動車の開発において、ユーザの要求品質には「運転しやすい」、「快適である」などの定性的な項目があげられる。一方、品質要素には「車体寸法」「サスペンション形式」「エンジン出力」などの機能的な項目があげられる。

ユーザの要求品質を行の並び、品質要素を列の並びとして、両項目群を対応付けたマトリックスを品質表という。ユーザの要求を技術特性に変換する表が品質表であるから、ユーザの要求を系統的に展開した要求品質展開表と、技術特性である品質要素展開表を二元表に組み合わせ、要求品質と品質要素の関係を記号で表すこと

になる。この関係付けの記号は、通常◎○△が用いられ、◎：強い対応、○：対応あり、△：対応が予想されることを示す。

この対応関係を用いて、要求品質に対する重要度を品質要素の重要度に変換し、重要品質要素を決定する足掛かりとする。重要度を変換する際に、◎○△にどのような数値を割り振るかが問題となるが、◎：5点、○：3点、△：1点という数量化が通常用いられる。

次に、要求品質の各項目に対してユーザが重要度を定め、この重要度と品質表の関連度を掛け合わせることによって、品質要素の重要度が求められる。図 3.2 に QDA の基本概念を示す。

本システムでは、QDA の品質表に相当する表を関連度表と呼び、関連度表を行列で表したものを関連度行列と呼ぶ。この関連度行列は、製品の特性を把握している専門家が一意に行うものとする。また、QDA におけるユーザの要求品質重要度に対応するものを前節で求められた「要求品質重要度ベクトル」とし、品質要素重要度に対応するものを「品質要素重要度ベクトル」と呼ぶ。

関連度行列を $W = [w_{ij}] (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 、要求品質重要度ベクトルを $u = [u_i] (u_i > 0)$ として、要求品質重要度ベクトルを品質要素重要度ベクトルの次元に変換したものを $v = [v_j] (v_j > 0)$ とすると、これは QDA の方法論により、式(2.1)で表される。

$$v' = W^t u \quad (2.1)$$

ここで、 W^t は W の転置行列であり、 W の要素 w_{ij} は、ユーザの要求項目 U_i と、専門家側の提示する製品の機能要素 V_j との関連の強さを表す。

また、 v の要素 v_j は式(2.2)で表される。

$$v'_j = \sum_{i=1}^m w_{ji} u_i \quad (2.2)$$

得られた v'_j は、 $\sum v'_j = 1$ になるように基準化した値を改めて v_j とおく。 v_j は、ユーザの定性的で主観的な要求を、品質要素として表したものとなる。

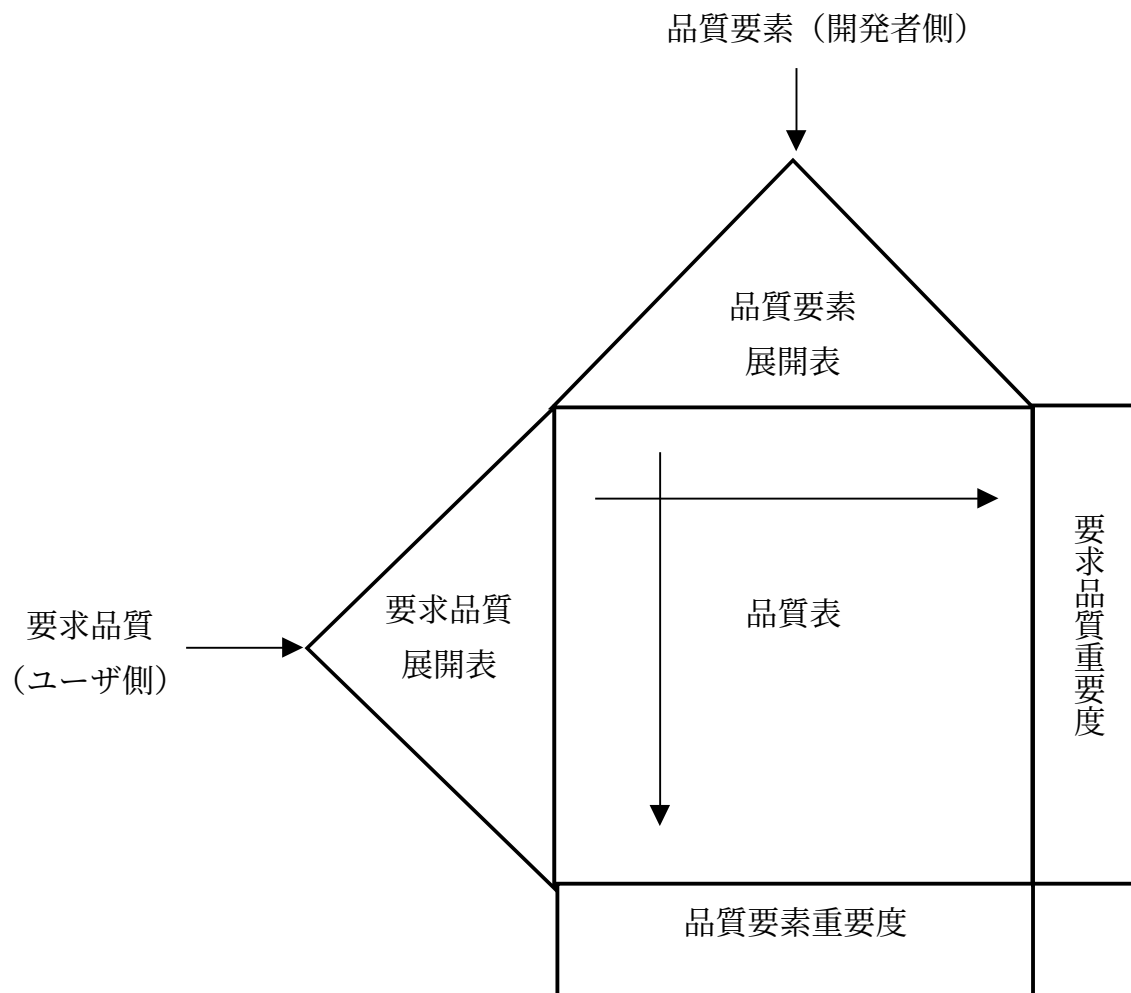


図 2.2 QDA の基本概念

2.4 機能間の影響度の算出

本システムでは、Dematel 法[12]の構造化手法を用いて、ある機能要素が他の機能要素に対してどれだけ影響を及ぼしているかを算出し、単にユーザの要求品質重要度ベクトルを品質要素重要度ベクトルの次元に変換したもの加えることによって、より現実的にユーザの要求を反映した代替案の選択を行う。

Dematel 法は Decision Making Trial and Evaluation Laboratory の略で、専門的知識をアンケートという手段により集約することによって問題の構造を明らかにするものであり、問題複合体の本質を明確にし、共通の理解を集める手法である。この手法は、スイスのバテル研究所が世界的複合問題を分析するために開発したものである。

専門家は、製品機能間のペア比較を行い、機能 i が機能 j に対しどれくらい直接影響しているかを a_{ij} で表し、正規行列 A を作成する。ここで、 a_{ij} は次に示すような形容尺度に伴う数値によって各影響の度合いを表すものとする。

非常に大きい直接影響	8
かなりの直接影響	4
ある程度の直接影響	2
無視しうる直接影響	0

行列 A は直接影響的影響のみを表しているので、各要因間の間接的影響を表現することを考える。そこでまず、行列 A から、直接影響行列 D を式(2.3)により定義する。

$$D = S \bullet A \quad (2.3)$$

S は尺度因子と呼ばれるスカラーで、詳細は後ほど説明する。

この行列は、各要因間の直接的な影響の強さを相対的に表示したものである。すなわち、式(2.4)で表される行列 D の行和

$$d_{is} = \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (2.4)$$

は、要因 i が他のすべての要因に与える尺度付けられた直接的影響の総計を示している。一方、式(2.5)で表される行列 D の列和

$$d_{sj} = \sum_{i=1}^n d_{ij} \quad (2.5)$$

は、要因 j が他のすべての要因から受け取る尺度付けられた直接的影響の総和を示す。

次に、 $\mathbf{D}^2$ の (i,j) 要素を $d_{ij}^{(2)}$ とすると、式(2.6)が得られる。

$$d_{ij}^{(2)} = \sum_{k=1}^n d_{ik} \cdot d_{kj} \quad (2.6)$$

行列 $\mathbf{D}$ の各要因間において推移関係が成立するので、2段階による間接的な影響は、2つの直接的な影響の積、すなわち $d_{ik} \cdot d_{kj}$ により表せる。したがって、 $\mathbf{D}^2$ の要因 $d_{ij}^{(2)}$ は、要因 i から要因 j への他のすべての要因を通じての2段階による影響の程度を示している。同様にして、 $\mathbf{D}^m$ の (i,j) 要素 $d_{ij}^{(m)}$ は、 m 段階での要因 i から要因 j への間接的な影響の程度を示すことになる。したがって式(2.7)は、 m 段階までの直接と間接の影響の総和を示す。

$$\mathbf{D} + \mathbf{D}^2 + \dots + \mathbf{D}^m = \sum_{i=1}^m \mathbf{D}^i \quad (2.7)$$

そこで、各要因間の直接と間接の影響を測る全影響行列を $\mathbf{F}$ とすれば、 $m \rightarrow \infty$ のとき $\mathbf{D}^m \rightarrow 0$ となるならば、 $\mathbf{F}$ は式(2.8)で表される。

$$\mathbf{F} = \sum_{i=1}^{\infty} \mathbf{D}^i = \mathbf{D}(\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1} \quad (2.8)$$

ここで、 $\mathbf{I}$ は単位行列である。すなわち、全影響行列 $\mathbf{F}$ は、要因 i から要因 j への他のすべての要因を通じての直接と間接の影響すべての強さを表すものである。

次に、尺度因子 S について説明する。前述の $m \rightarrow \infty$ のとき $\mathbf{D}^m \rightarrow 0$ となるという仮定は、間接的影響は因果の連鎖が長くなるにつれて減少していくという経験的事実に基づいたものである。

行列理論の定理によれば、行列 $\mathbf{D}$ のスペクトル半径 $\rho(\mathbf{D})$ が 1 より小さいとき、式 (2.8) で示した級数 $\mathbf{F} = \sum_{i=1}^{\infty} \mathbf{D}^i$ は $\mathbf{D}(\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1}$ に収束することが知られている。また、 $\rho(\mathbf{D})$ の上限は式(2.9)により与えられる。

$$\rho(\mathbf{D}) \leq \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |d_{ij}| = S \cdot \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |a_{ij}| \quad (2.9)$$

これにより、級数 $\mathbf{F}$ が収束するためには、尺度因子 S が式(2.10) の区間で与えられることが条件となる。

$$0 < S < \sup \quad (2.10)$$

ただし、 $\sup$ は式(2.11) で与えられる。

$$\sup = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |a_{ij}|} \quad (2.11)$$

以上によって求められた、ユーザの主観的な要求を品質要素重要度ベクトルの次元で表した $\mathbf{v}$ と、製品機能の全影響行列 $\mathbf{F}$ を用いて、ユーザの要求する商品が備えるべき品質要素重要度ベクトル $\mathbf{v}$ を算出する。

今、製品機能の要素数が N であるとする、 $\mathbf{v}$ は式(2.12)で表される。

$$\mathbf{v}' = \begin{bmatrix} v'_1 \\ v'_2 \\ \mathbf{M} \\ v'_N \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

また、全影響行列 F は式(2.13)で表される。

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & L & L & f_{1N} \\ f_{21} & f_{22} & L & L & f_{2N} \\ M & M & & & M \\ f_{N1} & f_{N2} & L & L & f_{NN} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

f_{ij} は、機能要素 i が機能要素 j に対して直接・間接的に及ぼしている影響の大きさを表している。また、影響を受ける機能要素 j に対するユーザからの要求が大きいほど、機能要素 i の必要性も高くなるといえる。

したがって、機能要素 i の重要度 v_i は、ユーザの主観的な要求を品質要素として変換した v_i と、他の要素に与える影響の総計との和として、式(2.14)で表される。

$$v''_i = v_i + \sum_{j=1}^N f_{ij} \cdot v_j \quad (2.14)$$

得られた v_i は、 $\sum v''_i = 1$ になるように基準化した値を改めて v_i とおく。

2.5 推薦商品の導出

機能的な評価項目から見た代替案の重要度は、専門家側が独自に一対比較を行って決定する。機能要素 k の最大固有値に対する正規化した固有ベクトルを算出し、 V_k で表す。そして、AHP 手法の第3段階を用いて、 v と V_k より、代替案の選択基準の重み X を、式(2.15)によって求める。

$$X = [V_1, V_2, L, V_N]^T \quad (2.15)$$

X_i は、代替案 k の総合的な優先度を表している。すなわち、 V_k の値が最も大きな代替案を、要求に沿った商品としてユーザに推薦することになる。

第 3 章

評価実験

3.1 実験手順

前章での理論モデルを検証するために、現実的な例題を設定して妥当性の検証を行った。例題には、自家用車として2リッタークラスの中ドルーフミニバンを購入する際の車種選定問題を用いた。

本システムでは AHP インターフェースとして、tcl/tk で作成された意思決定支援ソフト『Choice Navigator』を用いてユーザ側の要求重要度を算出した。また、関連度行列や影響度行列を計算した代替案選択のシミュレーションに、マイクロソフト社の表計算ソフト『Microsoft Excel 97』の VBA マクロプログラムを用いた。

3.2 ユーザ側要求重要度の算出

まず、ユーザ側が一対比較を行う、主観的な要求項目を定める。

一般に AHP 手法では、同じレベルにおける要素の数は 7 ± 2 が最大許容数であることを考慮し、要求項目は以下の5つに絞った。これらは、自動車雑誌の試乗記事等を参考に調査を行った結果、自動車の選定を行う際に使われる頻度が高い項目である。

1. 走行特性
走行時の安定性、運転のしやすさ、乗り心地など
2. 動力特性

エンジンの静粛性、スムーズさ、乗員や荷物積載時の余力など

3. 居住性

主に室内空間の広さ、くつろぎ具合など

4. 快適性

日常の使用での扱いやすさ、車庫入れ時の取り回しや、乗降のしやすさなど

5. 買い得感

性能の割に安いかどうか、装備の充実度など

そして、『Choice Navigator』を利用し、ユーザに項目の一対比較を行ってもらう。
全体の画面を 3.1 に示す。

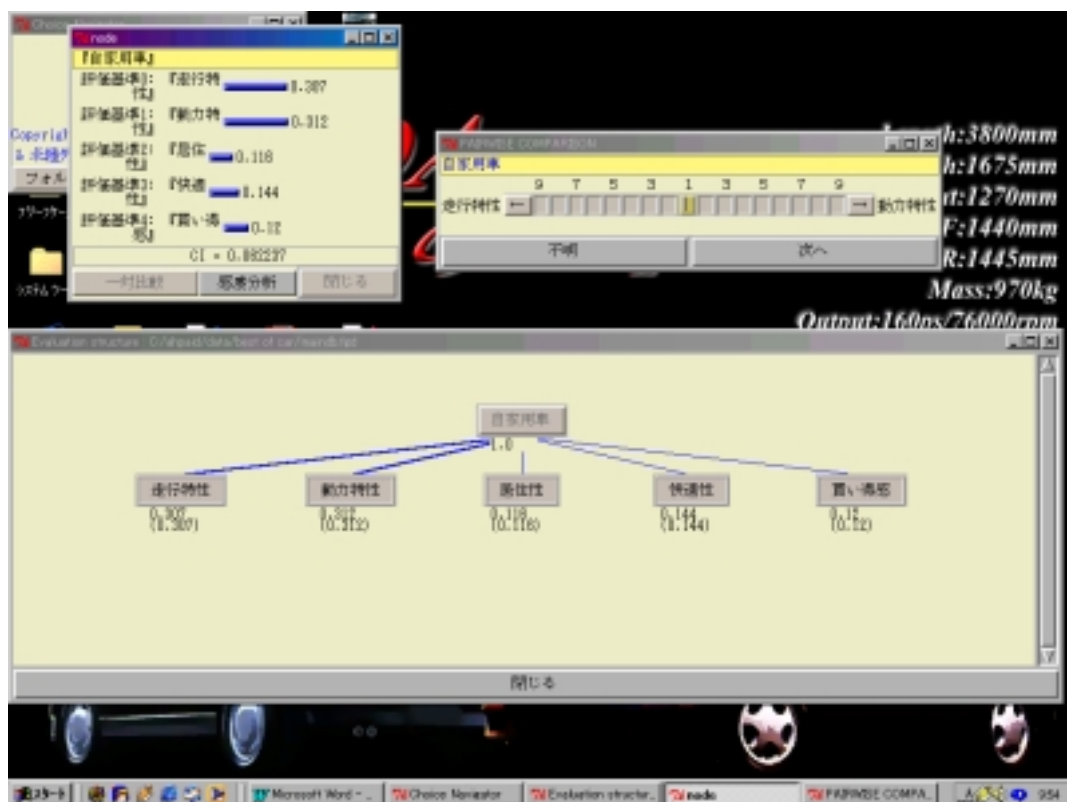


図 3.1 『Choice Navigator』 入力画面

表 3.1 に、あるユーザが一对比較によって要求項目の重み付けを行った結果として算出された要求品質重要度ベクトルを示す。

この例では、自動車の選定に際してユーザは「買い得感」を最も重要視しており、次に「居住性」、「動力特性」と続くことがわかる。一方、「快適性」はあまり重要視されていないことがわかる。

評価項目	重要度
走行特性	0.113
動力特性	0.152
居住性	0.193
快適性	0.063
買い得感	0.478

表 3.1 要求品質重要度ベクトル

次に、ユーザ側の主観的な要求と製品の備える機能要素との関連度表を、表 3.2 のように設定した。この関連度の設定は、製品の特性を熟知した専門家が任意に行うが、できるだけ要求項目と機能要素との直接的な関係のみに注目して定量化を行うものとする。

	車体寸法	馬力	トルク	WB	室内寸法	車両重量	サス形式	燃費	車両価格
走行特性	1			3		1	5		
動力特性		3	3			3			
居住性	3			3	5		1		
快適性		1	1		1			3	
買い得感	1							1	5

表 3.2 関連度表

ユーザが主観的な要求項目に対して重み付けを行った要求品質重要度ベクトルを品質要素重要度ベクトルの次元に変換するため、表 3.1 を u 、表 3.2 を W とおいて、式(3.1)を用いて v を求めた。その結果を表 3.3 に示す。

この例では、ユーザが「買い得感」を最も重要視した場合、機能要素としては「車両価格」が最も重要視され、次に「車体寸法」や「室内寸法」と続くことがわかる。一方、「馬力」や「車両重量」はあまり重要視されないことがわかる。

機能要素	重要度
車体寸法	0.132323
馬力	0.058697
トルク	0.093078
ホイールベース	0.103823
室内寸法	0.116263
車両重量	0.064352
サスペンション	0.085727
燃費	0.075435
車両価格	0.270301

表 4.3 品質要素重要度ベクトル

また、製品の機能要素が他の機能要素にどれだけ影響を与えているかを調査する。通常の Dematel 法の手法では、この調査は専門家へのアンケートを行い統計的に分析を行うが、今回の実験では自動車の開発や設計に関する文献[13][14]を元にして、その結果を表 3.4 に示したクロスサポート行列で表す。

このクロスサポート行列より上限の SUP を計算し、これを尺度因子 S とおく。そして式(2.3)から式(2.8)を用いて、全影響行列 F を算出する。その結果を表 3.5 に示す。

こうして得られた製品機能間の直接影響行列 F と、品質要素重要度ベクトル v を用いて、式(2.14)より、機能要素間の影響度を考慮に入れた品質要素重要度ベクトル v が求められる。この結果を、表 3.6 に示す。

	車体寸法	馬力	トルク	WB	室内寸法	車両重量	サス形式	燃費	車両価格
車体寸法			2	4		2	4		
馬力	2		2	2			4		
トルク	2	4		2	2		2		
WB	2				2				
室内寸法	8								
車両重量								8	2
サス形式		4						4	
燃費		4	2						
車両価格						2			

表 3.4 クロスサポート行列

	車体寸法	馬力	トルク	WB	室内寸法	車両重量	サス形式	燃費	車両価格
車体寸法	0.31673 7	0.43656	0.34657 9	0.56312 1	0.14900 1	0.22391 9	0.63390 1	0.35508 4	0.03691 9
馬力	0.44901 1	0.42419	0.35251	0.43966 5	0.12951 6	0.07521 7	0.67511 3	0.26991 5	0.01215 4
トルク	0.60408 6	0.71457 2	0.25980 3	0.52298 4	0.29410 2	0.10142 1	0.63973 6	0.27450 4	0.01644 3
WB	0.36157 3	0.11611 6	0.09333 8	0.15262	0.20652 1	0.06117 4	0.17108 3	0.09541 8	0.01002 3
室内寸法	0.87142 1	0.28311 7	0.22652 7	0.36947 7	0.09695 7	0.14767 7	0.41481 4	0.23178	0.02425 5
車両重量	0.16299 9	0.39649 5	0.21850 8	0.15239 4	0.06000 5	0.05523 7	0.21708 1	0.77204 9	0.17559 8
サス形式	0.22601 7	0.66391 4	0.22169 7	0.21799 8	0.07127 6	0.03732 5	0.32709 6	0.46304 4	0.00591 6
燃費	0.24534 5	0.58764 7	0.32397 7	0.22915 8	0.09033 1	0.04075	0.32566 7	0.13183 1	0.00650 9
車両価格	0.02603 6	0.06468 7	0.03563 5	0.02437	0.00957 7	0.17559 8	0.03482 8	0.12778 5	0.02920 1

表 3.5 直接影響行列

機能要素	重要度
車体寸法	0.148514
馬力	0.139581
トルク	0.169632
ホイールベース	0.069589

室内寸法	0.143574
車両重量	0.114039
サスペンション	0.099011
燃費	0.091746
車両価格	0.024314

表 3.6 機能間の影響を考慮した品質要素重要度ベクトル

3.3 代替案の決定

本実験で選定を行う自動車の代替案として、国内の主要 5 メーカーが発売している 2 リッタークラスの中ドルーフミニバンを選んだ。これら 5 車種はそれぞれに特徴を持っており、実際の購入の際にも比較・検討される競合車種である。

専門家は、各機能要素を基準にして代替案間の一対比較を行い、機能要素毎の最大固有値に対する正規化した固有ベクトルを算出する。その結果を表 3.7 に示す。

	ホンダ ストリーム	トヨタ イプサム	日産 リバティ	マツダ プレマシー	三菱 ディオン
車体寸法	0.34	0.213	0.243	0.098	0.141
馬力	0.326	0.166	0.22	0.125	0.163
トルク	0.295	0.172	0.295	0.082	0.156
WB	0.144	0.175	0.094	0.397	0.19
室内寸法	0.304	0.151	0.239	0.096	0.211
車両重量	0.137	0.137	0.079	0.403	0.244
サス形式	0.368	0.067	0.107	0.277	0.18
燃費	0.395	0.124	0.124	0.124	0.234
車両価格	0.124	0.078	0.147	0.204	0.447

表 3.7 機能要素に対する代替案の固有ベクトル

こうして求められた代替案の固有ベクトルと、機能要素間の影響度を考慮に入れた品質要素重要度ベクトル v を用いて、式(3.15)によって求められた各代替案の総合

的な優先度 X_i を表 3.8 に示す。すなわち、 X_i の値が最も大きな代替案である「ホンダ・ストリーム」が、ユーザに推薦すべき代替案ということになる。

	ホンダ ストリーム	トヨタ イプサム	日産 リバティ	マツダ プレマシー	三菱 ディオン
優先度 X_i	0.291021	0.153368	0.192248	0.177042	0.191655

表 3.8 各代替案の優先度

第 4 章

考察

前章で述べたように、本システムでは表 3.1 のようなユーザの要求に対して、推薦すべき代替案として「ホンダ・ストリーム」を挙げた。この結果の妥当性について、検証を行う。

まず、比較対象として、以前より研究されていた AHP+QDA の手法から導かれる結果の算出を行う。これには、式(2.1)によって求められた品質要素重要度ベクトル v と、表 3.7 に示した機能要素に対する代替案の固有ベクトルを用いて、式(2.15)と同様に求めることができる。この結果を X_i として、表 4.1 に示す。この結果からわかるように、従来方法を用いた場合に優先度が最も高い代替案は「三菱・ディオン」となっている。

	ホンダ ストリーム	トヨタ イプサム	日産 リバティ	マツダ プレマシー	三菱 ディオン
優先度 X_i	0.245556	0.13466	0.173417	0.194492	0.256612

表 4.1 従来研究による各代替案の優先度

これは、表 3.3 の品質要素重要度ベクトルからわかるように、ユーザが「買い得感」を強く要求した場合、直接的に関連の高い機能要素として「車両価格」が最も重要視されるためと考えられる。表 3.7 に示した機能要素に対する代替案の固有ベクトルからわかるように、代替案の中で最も「車両価格」の低いものが「三菱・ディオン」であるため、このことが優先度に大きな影響を与えているものと思われる。

しかし、実際に購入する自動車を選定するという状況を考えると、この優先度の与え方は適切であるとはいえない。本実験の例で扱っている代替案は、どれも同じクラスの競合車種であり、「車両価格」の点では代替案による差分はそれほど大きくない。また、「買い得感」という言葉で表されるのは、単に「車両価格」のみを考えるのではなく、品質や質感なども重要な選択要素となるのではないかと考えられる。従って、ユーザの主観的な要求に直結した「車両価格」はある程度考慮しながらも、エンジン性能や空間の有効利用度など、車自体の持つ基本性能も選択のための指標とするのが望ましいと考えられる。

次に、本システムによって得られた結果について考えてみる。本システムの手法によって各機能要素間の影響度を考慮した場合、表 3.4 からわかるように、「車両価格」は他の要素に対してあまり影響を及ぼしていない。しかし、「馬力」や「トルク」、「車両寸法」や「室内寸法」などのような車自体の基本性能は、他の機能要素に対して大きな影響を及ぼしていることがわかる。このことは表 3.6 の機能間の影響を考慮した品質要素重要度ベクトルにも反映されており、最も優先度が高い機能要素が「トルク」、次いで「車体寸法」、「室内寸法」、「馬力」の順になっている。

また、最も優先度の高い代替案としては前述の通り、「ホンダ・ストリーム」が選ばれているが、この車種は表 3.7 に示した機能要素に対する代替案の固有ベクトルからわかるように、エンジン出力やサスペンション形式などといった、車自体の基本的性能を高く備えており、実際の車両価格差以上にコストパフォーマンスが高い。

さらに、評価実験を行った被験者に、代替案である 5 車種の諸元表を見せて説明を行った上で、どの車種が最も買い得感に優れていると思うかを答えてもらってと

ころ、実験結果と同じく「ホンダ・ストリーム」を選ぶという結果が得られた。

他に、ユーザが「居住性」や「快適性」に重点を置いた場合についても同様に実験を行ったが、同様の結果が得られた。

「居住性」と直接的な関係が大きい機能要素は、表 3.2 からわかるように、「車体寸法」や「ホイールベース」、「室内寸法」であるが、表 3.5 や表 3.6 からわかるように、特に「車体寸法」は他の機能要素から受けている影響が大きいいため、最終的に求められた各代替案の優先度は、従来の手法とは異なってくる。「快適性」に関して同様のことがいえる。

ただし、ユーザが「動力特性」や「走行特性」に重点を置いた場合に選ばれた代替案は、従来手法と同じものであった。これは、「動力特性」や「走行特性」に強く関連する機能要素が、他の機能要素の影響を比較的受けていない、あるいは影響を受けてもなお、それらの機能要素が代替案選択に及ぼす影響が強いためと考えられる。

しかし、いずれの場合も、実験後に行ったアンケートでは、実験結果と同様の代替案が選ばれた。

以上の結果から、本論文で提唱した推薦商品を選択する手法は、ユーザの要求に直接的な関連の薄い機能要素が、他の機能要素に大きく影響を与えているような場合には、従来手法とは異なった代替案の提示を行うことがわかった。また、ユーザの要求に直接的な関連の薄い機能要素が、他の機能要素にあまり影響を与えていないような場合は、当然ながら、従来手法と同じ結果が導かれることもわかった。

これらの結果は、本研究の目的とも合致するものである。実際に車種の選択を行ったユーザが本手法によって選ばれた代替案に納得を示している点からも、本研究の手法は従来手法に較べて、同等かあるはそれ以上の有効性を持っているものだと考えられる。

第 5 章

結論

本論文では、AHP+QDA の意思決定支援手法に Dematel 法の影響度行列の考えを取り入れた商品推薦システムのモデルを提案し、シミュレーション実験によってその有効性を立証した。

従来の AHP+QDA の手法では、ユーザの主観的な要求と直接的に関連のある機能要素を重要視して代替案の優先度を求めるため、適用問題が自動車などのように、個々の機能要素が密接に影響を及ぼしあっているような場合に、適切な代替案を選ぶことは困難であった。

本論文で提案した手法では、個々の機能要素が互いに及ぼし合う影響の大きさを定量化し、行列演算によって、他の機能要素に対して大きな影響力を持つ機能要素の重要度を高く算定する。これにより、従来の AHP+QDA の手法に較べて現実的な代替案の選択が可能となる。実際に、自動車の購入という具体例を挙げて実験を行った結果、この手法の有効性を示す結果が得られた。

また、ユーザからの要求との直接的な関連の高い機能要素が、他の機能要素からの影響をあまり受けず独立性の高いものである場合、算出された代替案の優先度は、従来手法とほぼ同じになるという結果が得られた。

これらの結果より、本論文で提唱した推薦商品を選択する手法は従来手法に較べて、同等かあるいはそれ以上の有効性を持ったものであるといえる。

今後の課題としては、本論文で実証した理論を元に統合的なシステムとして実装を行うことが挙げられる。今回の実験では AHP の一対比較を行う部分に既存のツールを用い、Excel のマクロプログラムによってシミュレーションを行った。これを実用的なツールとするには、専門家による関連度行列や影響度行列の入力、評価項目

から見た代替案の重み付けが任意に行え、ユーザ側は一対比較の入力操作によって代替案の評価結果まで行えるスタンドアローンシステムとするのが望ましい。

あるいは、複数人のグループによる購入商品決定の支援システムへの発展も考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、終始適切なご指導を賜りました國藤 進教授に深く感謝致します。また、石川工業試験場の加藤 直孝氏には示唆に富む多くの助言を頂き、また本システムの一部の処理においては、加藤氏が開発された『Choice Navigator』を使用させて頂きましたので、感謝致します。更に、本研究に関して議論に加わっていただき、様々なアドバイスをして頂いた國藤研究室の皆様に感謝致します。

参考文献

- [1] トーマス・M・シーベルト, パット・ハウス. Eービジネス戦略. 東洋経済新報社 (1999)
- [2] 藤本和則, 賀沢秀人, 佐藤浩史, 安部明典, 松澤和光. DSIU システム: Decision Support for Internet Users ーネット情報を使ってホットなものをあなたにー. 人工知能学会誌 Vol.15 No.1 (2000)
- [3] 大西雅夫, 内田稔, 國藤進, 敷田幹文, 田中二郎. 分散アプリケーションシナリオによるビジュアルインターフェース. 創造的ソフトウェア育成事業及びエレクトロニック・コマース推進事業最終成果発表論文集 (1998)
- [4] 小川剛志, 包絡分析法を利用した主観的判断の分析支援システムの研究. 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科修士論文 (1998)
- [5] 加藤直孝, 合意形成プロセスにおける参加者の視点情報の共有に基づくグループ意思決定支援システムの研究. 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科学学位論文 (1998)
- [6] 田村賢之, 関連度行列を用いた集団合意形成支援システムの研究. 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科修士論文 (1998)
- [7] 木下栄蔵. 問題解決型意思決定法 AHP 手法と応用技術. 総合技術センター (1993)
- [8] 木下栄蔵. わかりやすい意思決定論入門ー基礎からファジイ理論までー. 近代科学社 (1996)
- [9] 赤尾洋二. 品質展開入門. 日科技連出版社 (1990)
- [10] 大藤正, 小野道照, 赤尾洋二. 品質展開法 (1) ー品質表の作成と演習ー. 日科技連出版社 (1990)
- [11] 赤尾洋二. 品質展開活用の実際. 日本規格協会 (1988)

- [1 2] 榎木義一, 河村和彦. 参加型システムズ・アプローチ手法と応用一. 日刊工業新聞社 (1981)
- [1 3] 中嶋靖. レクサス/セルシオへの道程ー最高を求めたクルマ人たちー. ダイヤモンド社 (1990)
- [1 4] 笹山隆生. 自動車エレクトロニクス. 山海堂 (1997)

付録 プログラム説明

本研究では、ユーザの一対比較による評価項目の重み付け、および、専門家による機能要素に関する代替案の重み付け作業を行うにあたり、石川工業試験場情報指導部専門研究員である加藤直孝氏の作成した汎用 AHP ツール『Choice Navigator』を利用させて頂いた。本ソフトの使用方法は、詳細を記したマニュアルがあるため、ここでは割愛する。

本研究では、論文中で提案した手法の有効性を検証するため、マイクロソフト社の『Microsoft Excel97』を用いたシミュレーション実験を行った。以下にその手順を示す。

1. ユーザの要求重要度 u の入力

ユーザの主観的な評価項目に対し、『Choice Navigator』によって算出された要求重要度 u を入力する。

2. 関連度行列 W の作成

主観的な評価項目と製品機能間の関連度行列 W は、専門家が任意に作成する。関連度は QDA における品質表の考え方を取り入れ、強い対応：5 点、対応あり：3 点、対応が予想される：1 点という数量化を行う。

3. 品質要素重要度ベクトル v

上記の u 、 W を入力することにより、式(2.1)に従って、総和が 1 で基準化された品質要素重要度ベクトル v は自動的に計算される。

4. 機能間の直接影響行列 A の入力

専門家は、製品機能間のペア比較を行い、機能 i が機能 j に対しどれくらい直接影響しているかを a_{ij} で表し、正規行列 A を作成する。ここで、 a_{ij} は次に示すような形容尺度に伴う数値によって各影響の度合いを表すものとする。

非常に大きい直接影響	8
かなりの直接影響	4
ある程度の直接影響	2
無視しうる直接影響	0

5. 機能間の総合影響行列 F の算出

総合影響行列 F は、直接影響行列 A の範囲を選択し、後述のVBAマクロプログラムを実行することによって自動的に算出される。

6. 機能間の影響を考慮した品質要素重要度ベクトル v

v と F より、式(2.14)に従って、機能間の影響を考慮した品質要素重要度ベクトル v は自動的に算出される。

7. 代替案の重要度 V_k の入力

機能要素から見た代替案 k の重要度 V_k は、専門家側が『Choice Navigator』を用いた一対比較によって決定する。

8. 代替案の優先度 X の算出

代替案の優先度 X は、 v と V_k によって、式(2.15)に従って自動的に算出される。

そして、もっとも優先度の高い代替案が、ユーザに推薦される商品となる。

VBA マクロプログラム(Microsoft Excel97 用)

演算用行列-----S(N,N)
節点行列-----SG(N,N)
正規直接影響行列-----XG(N,N)
影響行列(X2)-----X2(N,N)
影響行列(X3)-----X3(N,N)
間接影響行列-----SUM(N,N)
総合影響行列-----TG(N,N)
行と列の総和-----DI(N), RJ(N)
 $(D+R)/(D-R)$ -----DRX(N), DRY(N)

Sub dematel()

Dim N, M, i, j, K, SS As Integer
Dim R(80), S(80, 80), SG(80, 80), XG(80, 80), KG(80, 80) As Single
Dim X(80, 80), X2(80, 80), X3(80, 80), SUM(80, 80), TG(80, 80) As Single
Dim DI(80), RJ(80), DRY(80), DRX(80) As Single
Dim Warning As String

'上記の配列の数字から分かるように、データの最大数は 80 です。
'これ以上のデータの場合は、上記の配列の数字を修正してください。

直接影響行列の読み込み////////選択したセル範囲の読み込み////////

N = 0: M = 0

Cellleft = Selection.Column

Celltop = Selection.Row

Cellright = Celleft + Selection.Columns.Count - 1

CellBottom = Celltop + Selection.Rows.Count - 1

N = Selection.Columns.Count

M = Selection.Rows.Count

Warning = "正方行列ではありませんので、入力形式を確認して、初めからやり直してください"

If N <> M Then MsgBox Warning: GoTo ZZZ

For i = 1 To N: For j = 1 To N

 S(i, j) = Cells(Celltop + i - 1, Celleft + j - 1)

 If S(i, j) = "" Then S(i, j) = 0

 SG(i, j) = S(i, j)

Next j: Next i

正規直接影響行列(XG)の算出////////////////////////////////////

For i = 1 To N

 For j = 1 To N

 R(i) = R(i) + S(i, j)

 Next j

Next i

IMAX = 0

For i = 1 To N

 If R(i) > IMAX Then IMAX = R(i)

Next i

For i = 1 To N

 For j = 1 To N

 XG(i, j) = S(i, j) / IMAX

```
Next j
Next i
```

影響行列(X2)の算出////////////////////////////////////

```
For i = 1 To N
  For j = 1 To N
    For K = 1 To N
       $X2(i, j) = X2(i, j) + XG(i, K) * XG(K, j)$ 
    Next K
  Next j
Next i
```

間接影響行列 SUM(i, j)の算出////////////////////////////////////

```
For i = 1 To N
  For j = 1 To N
     $SUM(i, j) = X2(i, j)$ 
  Next j
Next i
For L = 1 To N - 2
  For i = 1 To N
    For j = 1 To N
      For K = 1 To N
         $X3(i, j) = X3(i, j) + X2(i, K) * XG(K, j)$ 
      Next K
    Next j
  Next i
For i = 1 To N
  For j = 1 To N
```

```

        SUM(i, j) = SUM(i, j) + X3(i, j)
    Next j
Next i
For i = 1 To N
    For j = 1 To N
        X2(i, j) = X3(i, j):  X3(i, j) = 0
    Next j
Next i
Next L

```

総合影響行列 TG(i,j)の算出////////////////////////////////////

```

For i = 1 To N
    For j = 1 To N
        TG(i, j) = SUM(i, j) + XG(i, j)
    Next j
Next i

```

γ(D+R)/(D-R)の算出////////////////////////////////////

```

For i = 1 To N
    For j = 1 To N
        DI(i) = DI(i) + TG(i, j)
    Next j
Next i
For j = 1 To N
    For i = 1 To N
        RJ(j) = RJ(j) + TG(i, j)
    Next i
Next j

```

For i = 1 To N

$DRY(i) = DI(i) - RJ(i)$

$DRX(i) = DI(i) + RJ(i)$

Next i

総合影響行列の出力////////////////////////////////////

OUT = "入力"

For i = 1 To N

 For j = 1 To N

$Cells(i + 40, j + 2) = TG(i, j)$

 Next j

Next i

ZZZ:

End Sub