JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	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
Author(s)	小川, 剛志
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1165
Rights	
Description	Supervisor:國藤 進, 情報科学研究科, 修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

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

指導教官　國藤進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報処理学専攻

小川剛志

1998 年 2 月 13 日

Copyright © 1998 by Ogawa Tsuyoshi

要 旨

本論文では計算機上で, 定量的データを用いて主観的判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行うための分析支援システムの研究について述べる.

本論文では意思決定問題が構造化できるという前提のもとで個人の意思決定支援において主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行う方法を提案し, 分析支援システムを構築した. 一般に, 意思決定おける最終的な判断は意思決定者の主観的な判断を基礎とする. そこで, 意思決定問題を構成する評価要因群に対して意思決定者の主観的な判断を数量化することができれば, 定量的な数学的手法を利用して, 代替案を互いに比較することが可能となる. 本研究では主観的な判断の分析にシステムズ・アプローチと主観的評価を組合わせた手法である AHP を利用して計算機支援を行う. 主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行なうためには定量的データ (統計データあるいはファクトデータ) を利用すること望ましく, 信頼性の高い評価が期待できる. 定量的データの分析には包絡分析法を利用することした. 包絡分析法は多入力多出力系における相対的な効率性の評価手法である. 代替案の評価を AHP では重要度, 包絡分析法では効率値で行う. 両方とも代替案の順位付けを意味していると考えることができる. 意思決定においては順位付けが重要と考え, 重要度と効率値の順位を合わせることを目標とする. 順位を合わせるための指標としてノルムを利用する. 主観的判断と定量的データの分析結果のどちらかを重視するかにより分析アプローチが異なる. 主観的判断を重視したアプローチをトップダウンアプローチとし, 定量的データの分析結果を重視したアプローチをボトムアップアプローチとして分析支援を行う.

本研究により, 定量的データを包絡分析法を利用して分析し, それをもとに主観的判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行う方法を提案した. そして, 作成した実験システムをもとに評価実験を行い, この方法が有効に動作することを示した. 今後の課題としては本システムの有効性を更に検討するとともに, システムの機能の充実を行ない本研究で提案した枠組を生かして他のツールとの融合をはかることがあげられる.

目 次

1 序論 **2**

1.1 研究の背景と目的 2

1.2 本論文の構成 3

2 包絡分析法を利用した主観的判断の分析支援 **4**

2.1 主観的判断の分析支援 4

2.2 主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付け 5

2.3 分析支援アプローチ 6

2.3.1 トップダウンアプローチ 8

2.3.2 ボトムアップアプローチ 9

2.4 本研究の位置付け 9

3 分析支援システムの概要 **11**

3.1 システムの機能 11

3.2 ウィンドウの説明 11

3.2.1 メインウィンドウ 14

3.2.2 初期設定ウィンドウ 14

3.2.3 入力マトリクスウィンドウ 15

3.2.4 トップダウンアプローチ分析結果ウィンドウ 16

3.2.5 ボトムアップアプローチ分析結果ウィンドウ 17

3.2.6 分析履歴ウィンドウ 18

4 評価実験 **19**

4.1 実験の概要 19

4.2 トップダウンアプローチ 22
4.2.1 実験の目的 22
4.2.2 実験の方法 22
4.2.3 実験の結果 22
4.2.4 実験の考察 22
4.3 ボトムアップアプローチ 24
4.3.1 実験の目的 24
4.3.2 実験の方法 24
4.3.3 実験の結果 24
4.3.4 実験の考察 24

5 結論 **27**

謝辞 **28**

A AHP の概要 **31**

B 包絡分析法の概要 **34**
B.1 データ 34
B.2 CCR モデル 35
B.3 (v^*, u^*) の意味 36

図一覧

2.1 意思決定支援の手順 7

3.1 システムの構成 12
3.2 システムの実装例 13
3.3 メインウインドウ 14
3.4 初期設定ウインドウ 14
3.5 入力マトリクスウィンドウ 15
3.6 トップダウンアプローチ分析結果ウィンドウ 16
3.7 ボトムアップアプローチ分析結果ウィンドウ 17
3.8 分析履歴ウィンドウ 18

4.1 実験に用いた評価構造 20
4.2 分析評価 例１ 20
4.3 分析評価 例２ 21

B.1 DEA の概要 35

表一覧

4.1 実験に用いた重要度 22
4.2 トップダウンアプローチの分析結果 23
4.3 ボトムアップアプローチの分析結果 26

A.1 一対比較値 32

第 1 章

序論

1.1　研究の背景と目的

我々は常に意思決定を行っている. 朝食に何を食べるか, どの服を着るかなどの日常的な問題から, 車の購入, 就職先などの大きな投資や人生を左右する重要で高度な問題まで様々な意思決定を行っている.

意思決定は日常的に行われる高度な知的思考活動であり, 経営学, 認知科学など多くの分野で研究されている. 意思決定とは, 必要な情報を収集・分析して問題を明確にし, その問題解決のための複数の代替案を作成し, その中から 1 つを選択する行為である [1]. 我々はどのような問題においても意思決定を最も望ましい結果が得られるように行おうとする.

しかし, 情報が氾濫し価値観が多様化した現在の社会において, 体系的に意思決定を行うことは難しい. 一般に, 重要で高度な意思決定になるほど様々な評価要因が複雑にかかわり合い, 決定の及ぼす影響が大きくなるため, いっそう難しくなる. こうした状況下において, 意思決定を支援することはとても重要であり, その必要性は高まっている.

我々は意思決定を最終的には, 主観的な判断で行うことが多い. 主観的な判断はその判断の根拠付けあるいは説明付けが弱く, また, 判断の適切さを評価することは難しいという問題がある. しかも, 決定の過程は頭の中であまり意識されないまま行われることが多く, 意思決定者自身を含め, その決定に関わる人々はその過程を知ることは難しい. しかし, その決定には, 意思決定者の経験, 価値観, 問題にたいする知識・情報などが複雑にかかわり合っているため, その思考過程, 意思決定過程を知ることは問題を体系的に把握する上において, また, その決定の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行う上で極め

て重要である.

以上のような背景をふまえ, 本研究では代替案選択における個人の意思決定支援を目的とし, 意思決定問題が構造化できるという前提のもとで, 主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行うための方法を提案し, 実際のシステムで検証してその方法の有効性を明らかにすることを目的とする.

1.2 本論文の構成

本論文は本章も含め５章から構成される. ２章では包絡分析法を利用した主観的判断の分析支援, 代替案を選択するに至る分析評価の方法について説明し, 定量的データを用いて分析する本研究の基本的な考えについて述べる. ３章では実装したシステムとその機能について述べる. ４章ではシステムの評価実験について述べる. 実験では主観的判断を重視したトップダウンアプローチの分析評価と定量的データを重視したボトムアップアプローチの分析評価についてその有効性を調べた. 最後の５章で本論文の結論と今後の課題について述べる.

第 2 章

包絡分析法を利用した主観的判断の分析支援

2.1 主観的判断の分析支援

一般に, 意思決定における最終的な判断は意思決定者の主観的な判断を基礎としている. そこで, 意思決定問題を構成する評価要因群に対して意思決定者の主観的な判断を数量化することができれば, 定量的な数学的手法を利用して, いくつかの代替案を互いに比較することが可能となる. また, 計算機上で扱うためにも数量化することが必要である.

本研究では以上をふまえ, 主観的判断の分析支援には, システムズ・アプローチと主観的評価を組み合わせた手法である AHP[5] [6] を用いて計算機支援を行う. AHP は, (1) 一対比較法により評価項目間の重要度の定量化が容易, (2) 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, (3) 主観的評価による判断の矛盾を発見し修正する機能を有する, などの特徴をもち, 意思決定者の信念や経験などの主観を生かした決定を行うことができる.

AHP は問題を階層構造化し, あるレベルの要素間はその一つ上のレベルにある要素を評価基準として一対比較し分析する. 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, 各評価項目ごとに得られた重要度を計算して求めた総合重要度で行う (AHP の概要は付録 A参照).

2.2　主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付け

AHP では主観的に判断を行なっているため, その判断が正しいかを確認することは難しい. そこで, 主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けをするためには, 定量的データ (統計データあるいはファクトデータ) を利用することが望ましく, 信頼性の高い評価が期待できる. 実際に我々が主観的な判断をする際には代替案を統計値などの定量的データを用いて行なうことが多い. 従来, 複数の定量的データを分析する際には, １入力１出力のすべての組合せの比で比較することが多い. しかし, その場合, 組合せてできる比の数は (入力データ数) × (出力データ数) となる. そして, それらの比を総合的に評価するには別の価値判断が必要となり客観性が問題になる.

以上をふまえ, 本研究では定量的データ分析法の１つである包絡分析法 [7] を用いて, 主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行う. 包絡分析法は多入力多出力系における相対的な効率性の評価手法であり, 複数の定量的データを直接同時的に処理するため, 別の価値判断を必要とせずに定量的データからそのまま評価を得ることができるという特徴をもつ. その評価は効率値で表される. 効率値は, 対象に関する複数の定量的データを１つの比率尺度に変換して効率値を求め, その値をもとに相対的に対象の効率値を求めたものである. (包絡分析法の概要は付録 B参照).

包絡分析法で分析する際には入力項目と出力項目が直接または間接的にその効率性の評価を満たすように選択しなければならない. 入力と出力に関連があっても, その分析結果の意味するものがどのような評価 (例えば, 効率性, 信頼性, 柔軟性など) に依存するかによって様々であるので, データの選択は慎重に検討しなければならない. 入力項目と出力項目の一般的な選び方として次のような方針がある [7].

1. 入力項目, 出力項目とも数値データが準備できること. 原則として, 全事業体についてその値は正であること.

2. 入力項目, 出力項目の選定にあたっては, 自分がみたいと思う (入力対出力の）効率性の特徴をよく表しているものを選ぶ.

3. 原則として, ある出力を得るための入力に関して言えば, 値の小さいものほど好ましく, ある出力に関しては大きいものほど好ましい状態にあるとする.

4. 入力項目, 出力項目の数値の単位は任意にとってよい. 例えば, 人数, 金額, 面積, 台数

などである.

本研究でもこの方針に従う.

包絡分析法を用いることにより, いくつか考えられる AHP の問題点の中で次の 2 つの問題点を解決することができると期待できる.

- 定量的データが存在する場合
  AHP は全ての評価項目を一対比較で主観的に評価している. そのため, 定量的データが存在する評価項目の場合は定量的データから得られる評価と整合性のとれない判断結果になり, 分析の信頼性を低下させる場合がある.

- 一対比較の回数
  評価項目や代替案の数が多くなると一対比較の回数がとても多くなり, 意思決定者の精神的負担が増す.

2.3　分析支援アプローチ

本研究では 2.1で述べた AHP を用いて主観的判断を分析し, 1で述べた包絡分析法を利用することにより, 定量的データを利用して主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行う. 本システムにおける意思決定支援の手順を図 2.1に示す.

本研究では, 代替案の抽出, 評価項目の抽出, 階層構造化までの評価構造作成の支援は, AHP-aid[15] を利用する. 各階層の各評価項目の分析処理の段階で, 評価項目の一部の判断に複数の定量的データの全部または一部を用いて包絡分析法が適用可能な場合, すなわち, 分析する評価項目が効率性という評価で判断でき, かつ, その評価項目の分析に用いるデータも効率性という評価の関係を満たす場合に包絡分析法を適用する. 定量的データが存在する評価項目すべてに包絡分析法が適用できるわけではない. 包絡分析法を適用できるかどうかの判断, すなわち, その分析結果に対する意味付けは意思決定者ごとに異なるため, その判断は意思決定者に委ねることとする. 定量的データが存在しない評価項目は AHP-aid を用いて一対比較を行い, 分析する. そして, 総合重要度を算出し, 代替案の評価を行う.

AHP では各評価項目ごとの重要度を算出した総合重要度で代替案の評価を行い, 包絡分析法では定量的データを分析して, 効率値で評価する. 包絡分析法で求まる効率値と AHP で求まる重要度は各々, 以下の意味をもっている.

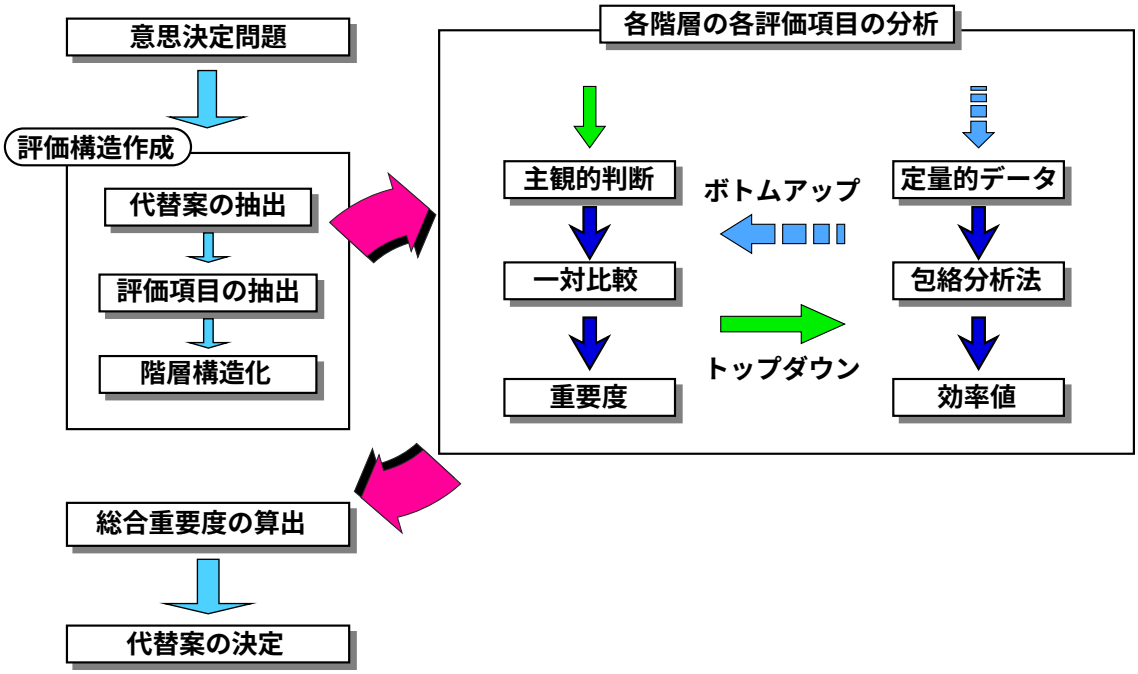

図 2.1: 意思決定支援の手順

効率値：効率値は各対象の中から最も効率的である対象の効率値を１として, その対象を基準に相対的に他の対象の効率値を比で表している. よって, 各対象の順位付けを意味していると考えられる.

重要度：重要度は各評価項目に対し, どの評価項目が最も重要であるかを相対的に表したものである. よって,AHP 分析の結果は各評価項目の順位付けを意味していると考えられる.

包絡分析法も AHP も分析結果の数値で各対象, 各評価項目の順位付けを行っている. 本研究では, 意思決定において代替案の順位付けが重要と考え, 重要度と効率値の順位付けを合わせることを目標とする. この目標が達成できれば, 判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行うことができると期待できる.

重要度と効率値のどちらに基準をおくかの違いにより, 順位付けを合わせるためのアプローチが異なる.

そこで, 本研究では次の２つのアプローチに分けた.

- トップダウンアプローチ

主観を変えずに意思決定問題の評価付けあるいは説明付けを行いたい場合に用いる分析アプローチである. このアプローチにより, 判断の正当化を行なうことができる. この分析を利用する例として, 意思決定者が, ある意思決定を主観的に行ない, その決定に基づき他者を説得する際, 定量的データから説得に都合の良い材料 (定量的データ) の組合せを選択したい場合がある.

- ボトムアップアプローチ
  主観的な判断を行なう際, 定量的データの分析結果を参考にして決めたい場合に用いる分析アプローチである. このアプローチにより, 主観の信頼性を高めることできる. この分析を利用する例として, ある意思決定問題において, 意思決定者がどう判断すれば良いのか分からない場合に, 定量的データの分析結果を参考にすることで主観的判断における意思決定者の心理的負担を軽減した場合がある.

以下, 各アプローチの手順と方法について述べる.

2.3.1　トップダウンアプローチ

トップダウンアプローチの手順を以下に示す.

1. 前準備として AHP-aid を用いて重要度を求めておく.
2. 入力項目, 出力項目の組合せを選択し, 定量的データを包絡分析法で分析する. 求めた効率値は重要度と同じ尺度に変換する.
3. 重要度と効率値を基準にして各代替案の順位付けを行う.
4. 重要度の順位に効率値の順位を合わせるための指標として, 重要度と効率値のノルムを用いる.

$$norm = ||dv - aw|| \tag{2.1}$$

   ここで,dvは重要度と同じ尺度に変換された代替案の効率値, awは代替案の重要度である. すなわち,$norm$ は効率値と重要度との隔たりの大きさを表していることになり, 順位付けを合わせるための判断指標として用いることができる.
5. 求めたノルムを指標とし, 重要度の順位に合うように入力項目, 出力項目の選択を変え, 繰り返し分析を行う.

6. 意思決定者が最も良いと思う入力項目, 出力項目の定量的データの組合せが, その問題の判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けとなる.

2.3.2　ボトムアップアプローチ

ボトムアップアプローチの手順を以下に示す.

1. Absolute Measurement 法 [8] を適用して定量的データを AHP で分析し, 重要度を求める. Absolute Measurement 法は, 従来,AHP で行っている一対比較の評価のかわりに絶対評価で評価を行う手法である. AHP では一般に, ある値の効用はその値が増えるにつれ, 効用も増えていく単調増加となる値を対象としている. そのため, 包絡分析法での入力項目のデータはで述べた選びかたの方針により, 単調減少となる値である. そこで, 入力項目のデータはその逆数をとり, Absolute Measurement 法に適用することとする.

2. 定量的データを包絡分析法で分析する. 求まった効率値は重要度と同じ尺度に変換する.

3. トップダウンアプローチと同様に代替案の重要度と効率値のノルムを求める.

4. 求めたノルムを指標とし, 効率値の順位に合うように評価項目 (入力項目, 出力項目) の重要度を変え, 繰り返し分析を行う.

5. 意思決定者が最も良いと思う入力項目, 出力項目の重要度が, 定量的データを重視した場合の主観的な判断結果となる.

2.4　本研究の位置付け

意思決定に関する研究を小橋 [4] は, 意思決定支援についての研究と意思決定支援のための研究に分類している. 一方, 戸田, 山口, 新谷 [3] は, 意思決定研究のアプローチを意思決定過程, 意思決定分析, 意思決定行動記述モデル, システム利用過程, システム構築技術の５つに分類している.

本研究の立場は, 意思決定支援のための研究であり, 主観的判断や定量的データの分析といった現実的なアプローチを考慮している.

本研究で開発したシステムは, 意思決定問題で一般的に広く取り上げられる主観的評価にもとづく代替案選択を目的とした意思決定支援を適用対象とする. すなわち, 意思決定の要因を構造化でき, それぞれの要因に重み付けが可能な特性をもつ場合である. 本システムは, そのような意思決定の局面において主観的な判断と定量的データによる評価の違いを定量的に評価することが可能である.

第 3 章

分析支援システムの概要

3.1　システムの機能

前章で述べた手法をもとに分析支援システムを実装した. 本システムは, 意思決定問題で一般的に広く取り上げられる主観的評価にもとづく代替案選択を目的とした意思決定支援を適用対象としている. すなわち, 意思決定の要因を構造化でき, それぞれの要因に重み付けが可能な特性をもつ場合である. 本システムは, そのような意思決定の局面において主観的な判断と定量的データによる評価の違いを定量的に評価することが可能である. 本システムは,UNIX ワークステーションの X ウィンドウ・システム上で開発した. グラフィック・ユーザインタフェース部分は Tcl/Tk 言語, 数値計算部分は C 言語を用いた. システムの構成を図 3.1に示す.

3.2　ウィンドウの説明

システムの実装例を図 3.2に示す. 以下, 操作手順に沿って各ウィンドウについて説明する.

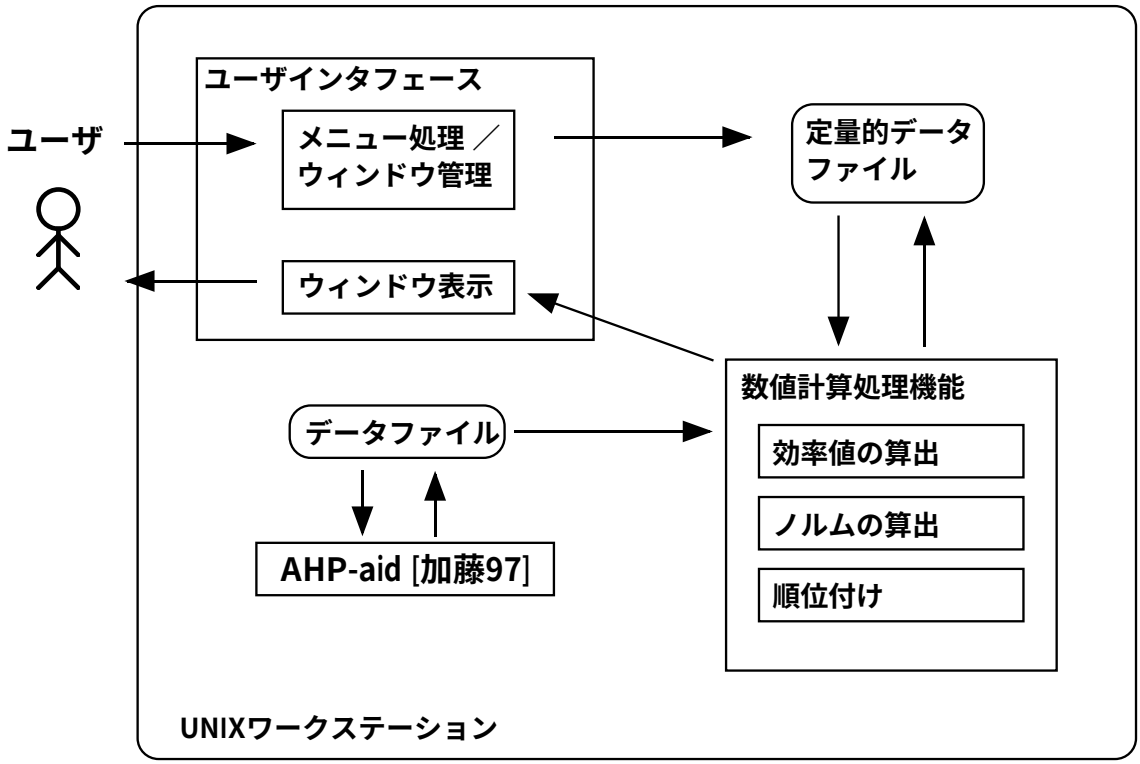
ユーザ
ユーザインタフェース
メニュー処理／
ウィンドウ管理
ウィンドウ表示
定量的データ
ファイル
数値計算処理機能
効率値の算出
ノルムの算出
順位付け
データファイル
AHP-aid [加藤97]
UNIXワークステーション

図 3.1: システムの構成

図 3.2: システムの実装例

3.2.1 メインウィンドウ

ユーザがシステムを起動すると, まずメインウィンドウ図 3.3が開く. ユーザは包絡分析法を行う際, あらかじめ定量的データファイルが準備されているかどうかの有無により, ボタンを選択する.

図 3.3: メインウインドウ

3.2.2 初期設定ウィンドウ

定量的データファイルが準備されていない場合には, このウィンドウで初期設定を行う. 定量的データファイルが準備されていて, メインウィンドウでそのファイル指定した場合には, そのデータが表示される.

図 3.4: 初期設定ウインドウ

3.2.3 入力マトリクスウィンドウ

このウィンドウでは, 初期設定ウィンドウでの設定に基づき, 入出力項目の名前, データなどを入力する. また, 分析する入出力項目の組合せもここで行う. 定量的データファイルが準備されていて, メインウィンドウでそのファイル指定した場合には, そのデータが表示される.

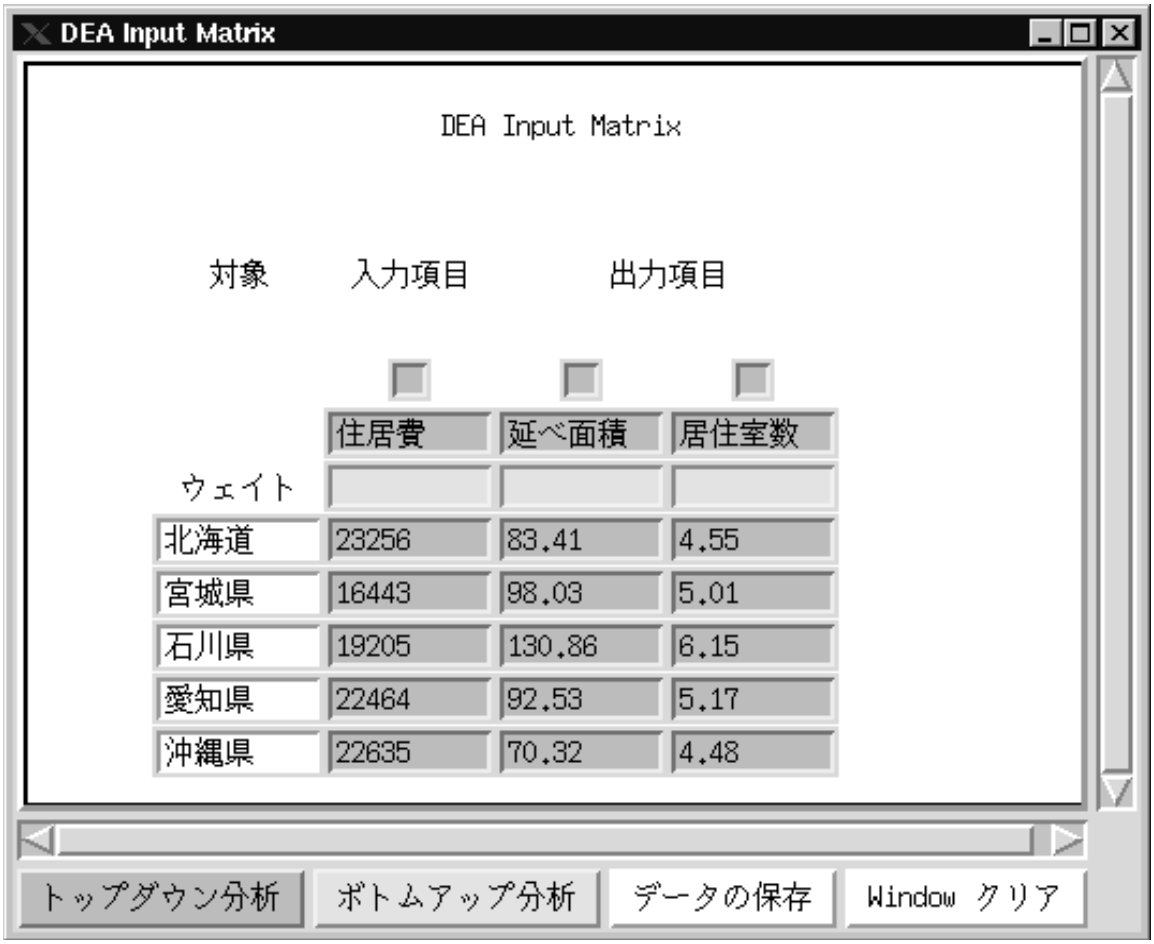

図 3.5: 入力マトリクスウィンドウ

3.2.4 トップダウンアプローチ分析結果ウィンドウ

トップダウンアプローチの分析結果を表示する.

図 3.6: トップダウンアプローチ分析結果ウィンドウ

3.2.5 ボトムアップアプローチ分析結果ウィンドウ

ボトムアップアプローチの分析結果を表示する.

図 3.7: ボトムアップアプローチ分析結果ウィンドウ

3.2.6 分析履歴ウィンドウ

トップダウンアプローチの分析, ボトムアップアプローチの分析結果は共に繰り返して分析を行なう. そこで, 分析するほど分析結果ウィンドウが増えて, 見にくくなるため, このウィンドウで分析結果を管理する.

図 3.8: 分析履歴ウィンドウ

第 4 章

評価実験

4.1 実験の概要

本章では, このシステムを用いて実験を行い, 本方法の適用による有効性を考察する. 本実験で対象とする問題は階層的な評価構造作成することができ, 様々な種類の定量的データが存在し, かつ, そのデータのいくつかを組合わせて「効率性」を評価できるものでなければならない. 以上をふまえ, 実験に用いた意思決定問題, 評価項目, 代替案を次のものとした. トップダウンアプローチ, ボトムアップアプローチとも同じ問題, 評価構造とした.

- 意思決定問題···居住地の選択
- 評価項目···住居費, 延べ面積, 居住室数
- 代替案···北海道, 宮城県, 石川県, 愛知県, 沖縄県

以下, トップダウンアプローチとボトムアップアプローチに分けて述べる. 前準備として,AHP-aid を用いて主観的判断の分析を行っておく. 分析例を図 4.1, 図 4.2, 図 4.3に示す.

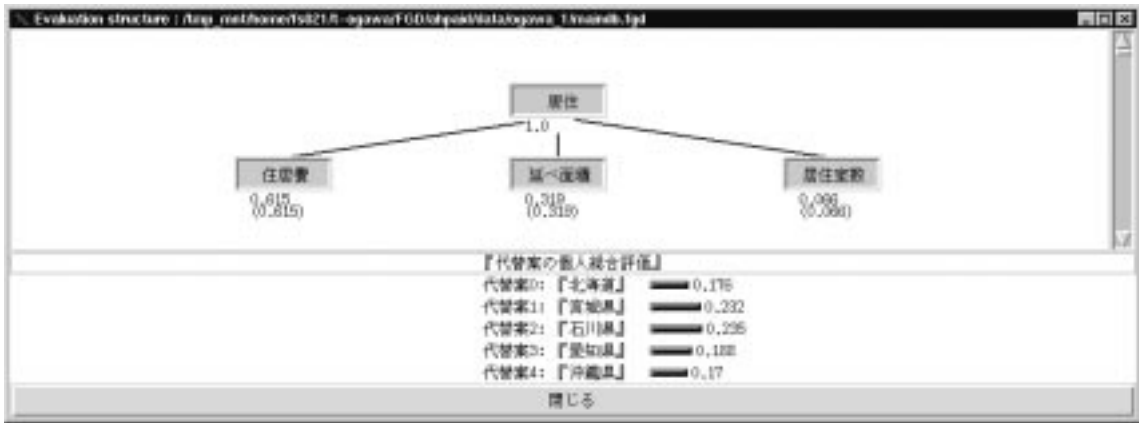

図 4.1: 実験に用いた評価構造

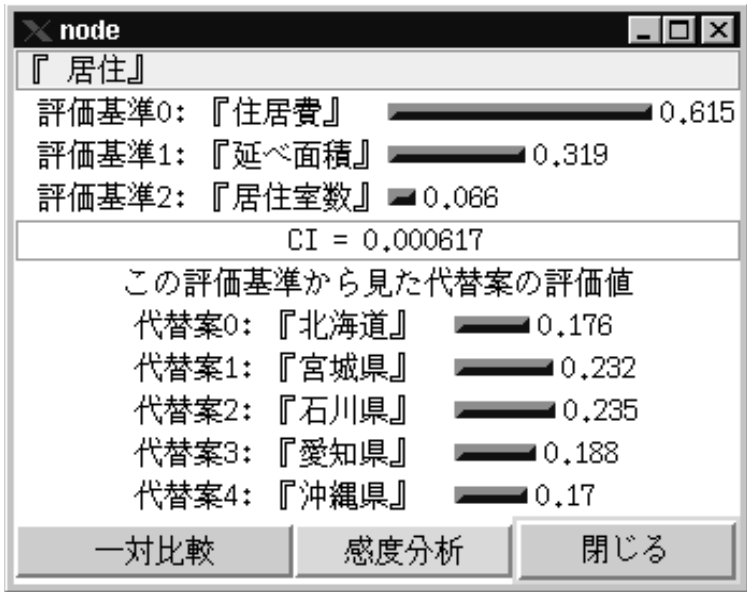

図 4.2: 分析評価 例 1

node
『住居費』
CI = ?
この評価基準から見た代替案の評価値
代替案0:『北海道』 0.176
代替案1:『宮城県』 0.249
代替案2:『石川県』 0.213
代替案3:『愛知県』 0.182
代替案4:『沖縄県』 0.181
客観値編集
閉じる
node
『延べ面積』
CI = ?
この評価基準から見た代替案の評価値
代替案0:『北海道』 0.176
代替案1:『宮城県』 0.206
代替案2:『石川県』 0.275
代替案3:『愛知県』 0.195
代替案4:『沖縄県』 0.148
客観値編集
閉じる
node
『居住室数』
CI = ?
この評価基準から見た代替案の評価値
代替案0:『北海道』 0.179
代替案1:『宮城県』 0.198
代替案2:『石川県』 0.243
代替案3:『愛知県』 0.204
代替案4:『沖縄県』 0.177
客観値編集
閉じる

図 4.3: 分析評価 例 2

表 4.1: 実験に用いた重要度

	住居費	延べ面積	居住室数
例１	0.333	0.333	0.333
例２	0.615	0.319	0.066
例３	0.701	0.193	0.106

4.2 トップダウンアプローチ

4.2.1 実験の目的

主観的判断で分析した結果 (代替案の順位) に基づき, 定量的データを包絡分析法で分析する際の入出力項目の組合せにより, 代替案の順位を合わせることができるかどうか, それにより, 判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けを行うことができるかどうかについて評価する.

4.2.2 実験の方法

実験は, 主観的判断の順位, 定量的データを包絡分析法で分析した結果の順位, ノルムなどを参考にして, 主観的判断の分析結果の順位に合うように, 包絡分析法の入出力項目の組合わせを決めて分析し, 順位を一致させる, という作業を数回, 繰り返して行った.

4.2.3 実験の結果

本実験で用いた各評価項目の重要度を表 4.1, 分析結果を表 4.2に示す.

4.2.4 実験の考察

今回の実験では, 全ての例において１位の順位を一致させることができ, どの組合せが最も説明付けあるいは根拠付けしやすいかを見つけることができたため, 主観的判断の意味付けにある程度役立つであろうと考えることができる. 例３においては全ての組合せで１位の順位を一致させることができたがノルムを見て, 最も小さいノルムになる組合せほ

表 4.2: トップダウンアプローチの分析結果

	選択した入力項目名	選択した出力項目名	一致した順位	ノルム
例 1	住居費	延べ面積, 居住室数	(1) 石川県	0.077
	住居費	延べ面積		0.555
	住居費	居住室数		0.540
例 2	住居費	延べ面積, 居住室数	(1) 石川県	0.034
	住居費	延べ面積		0.792
	住居費	居住室数		0.783
例 3	住居費	延べ面積, 居住室数	(1) 石川県	0.175
	住居費	延べ面積	(1) 石川県	0.147
	住居費	居住室数	(1) 石川県	0.175

ど, 根拠付けあるいは納得のための説明付けにかなりの重みが増すと考えられる. 例 3 の結果は以下のように解釈することができる. 意思決定者は主観的判断により石川県が最も重要度が大きい, つまり石川県が最も良いと判断して, その判断の理由付けあるいは説明付けを行う際には住居費が安く (値が小さく) 延べ面積が大きい (値が大きい) から石川県が良いと理由付け, 説明付けすることができる. このとき, 居住室数の評価項目を加えるとノルムから理由付け, 説明付けの重みが弱くなると解釈することができる.

本実験では, 順位を一致させる一指標として, ノルムを用いた. 1 位の順位が一致していない組合せのノルムが一致している組合わせのノルムより小さい場合がある. この原因として, 代替案間の微妙な重要度の違いにより順位が変化したと考えられる. そのため, ノルムが小さい場合でも順位が一致しなかったと考えられる. 一改善案として代替案間の重要度の比などをみてグループ化して, そのグループ内では同順位にするなどの方法が考えられる.

主観的な判断において, 意思決定者はある程度自由に重み付けをすることができる. しかし, 包絡分析法では入出力項目の組合せのみで決めるしかないため, 主観的な判断に比べて重み付けの自由度が制限されてしまう. そこが, 包絡分析法の適用の限界と考えられる. 一改善案として入出力項目の数を増やすことが考えられるが, 入出力項目の数を多くとるほど効率値が 1 になる代替案 (事業体) が多くなることが知られている. その理由は包

絡分析法が入力や出力の組合せの中から代替案 (事業体) にとって最も有利になるものを選ぶからである. だから項目が増えればそれだけ有利なものが現れる可能性が高くなる. AHP では一つの評価項目に直属する下位の評価項目の数は７個以内を目安とする. この理由は, 人間が同時に比較可能な数の限界が６～８個であることに由来する. よって, 入出力項目の数を増やすことより主観的な判断に合うようなデータを用いて分析することが重要である.

4.3 ボトムアップアプローチ

4.3.1 実験の目的

定量的データを包絡分析法で分析した結果 (代替案の順位) に基づき, 主観的判断の修正を行うことにより, 代替案の順位を合わせることができるかどうか, それにより, 主観的判断の妥協点を見出すことができるかどうかについて評価する.

4.3.2 実験の方法

実験は, 主観的判断の順位, 定量的データを包絡分析法で分析した結果の順位, ノルムなどを参考にして, 定量的データを包絡分析法で分析した結果の順位と一致するように評価項目の重要度を決めて分析する, という作業を数回, 繰り返して行った.

4.3.3 実験の結果

結果を表 4.3に示す.

4.3.4 実験の考察

最終的に修正された重要度はすべての実験でほぼ同じ値になった. このことは, 本研究で提案した方法の妥当性の裏付けになると考えられる. 本実験では３つの例を用いて行ない, ３つとも１位から３位までの同じ順位を合わせることができた. その中で, 特に例２が最もノルムが小さいため, 最も適した重要度であるということができる.

実験によりボトムアップアプローチは以下のような場合に用いられると有効ではないかと考えられる. 意思決定者は代替案の中からどれが良いか判断することができない, ある

いは現時点で用いている代替案を選択する材料となる定量的データでは組合せを変えることによっても説明付け, 納得付けを行なうことが難しい. そういう場合にとりあえず, 現時点での分析に用いている定量的データで分析を行い, 定量的データではどの代替案が選択され, どの評価項目が重要視されているかを見ることにより１つの目安となり, 主観的判断のどの部分をどう変えると現時点で用いているデータで説明付け, 納得付けを行なうことができるかといった妥協する部分を見つけることができると考えられる. ボトムアップアプローチの分析結果は１つの目安にすぎない. しかし, 全く何もない状況で判断する場合より, 何かしらの基準, 目安がある方が一般的に判断しやすいと考えられるため, この分析は有効ではないかと考えられる.

順位を一致させるという観点から考察するとトップダウンアプローチとは逆に, 包絡分析法で分析結果に合うように主観的な判断 (重要度) をある程度自由に重み付けできるにもかかわらず, １位から５位までのすべての順位を一致させることができなかった. 原因として, トップダウンアプローチと同様に代替案間の微妙な重要度の違いにより順位が変化したと考えられる. 一改善案として, トップダウンアプローチと同様に代替案間の重要度の比などをみてグループ化して, そのグループ内では同順位にするなどの方法が考えられる.

ここでトップダウンアプローチ, ボトムアップアプローチの両方の実験を通して, AHP を用いた主観的判断の分析結果と包絡分析法を用いた定量的データの分析結果の関係について考察する. AHP では各評価項目, 各代替案の中でどれが最も重要であるかと重要度で判断している. それに対し, 包絡分析法では入力項目はなるべく小さい値, 出力項目はなるべく大きい値でその比が最も大きい値, つまり効率性で各代替案を判断している. よって, 代替案が効率的であるほど意思決定者がその代替案を重要であると考えているならば包絡分析法の分析結果を AHP に適用することが可能となる. しかし, 効率性以外で表されるもの, 例えば信頼性や柔軟性などで表されるものや単調増加, 単調減少以外のデータなどは包絡分析法で分析できないため, 分析結果を AHP に適用することができない. これらは今後の課題である. あくまでも包絡分析法は効率性を評価する手法である.

表 4.3: ボトムアップアプローチの分析結果

	重要度			一致した順位	ノルム
	住居費	延べ面積	居住室数		
例１	0.333	0.3333	0.333	(1)(2)(3)	0.038
	0.500	0.300	0.200	(1)(2)(3)	0.035
例２	0.615	0.319	0.066	(1)(2)(3)	0.034
	0.500	0.400	0.100	(1)(2)(3)	0.032
例３	0.701	0.199	0.106	(3)	0.039
	0.600	0.300	0.100	(1)(2)(3)	0.034

包絡分析法で分析した各代替案の順位

(1) 石川県,(2) 宮城県,(3) 愛知県,(4) 沖縄県,(5) 北海道

第 5 章

結論

本論文では主観的な判断の根拠付けあるいは納得のための説明付けをするための方法を提案した. また, 主観的な判断と定量的データの分析結果の重視の違いによる分析アプローチも提案した.

本研究によって実現されたこと, 明らかにされたことを以下にまとめる.

- 主観的な判断を重視したトップダウンアプローチ, 定量的データの分析結果を重視したボトムアップアプローチの２つの分析アプローチを提案した.
- マルチウィンドウ上で, 対話的操作で実行および確認ができ, 分析結果を管理するウィンドウを採用して, ウィンドウがあまり多くならないよう配慮して見やすくしている.
- 分析支援システムを構築し評価実験を行うことで, 効率性の観点で本提案の有効性を検討した.

今後は, 評価実験の積み重ねによる有効性の確認が必要である. また, 包絡分析法にはいくつかモデルが提案されているので, ユーザの心理的負担をさらに軽減できるよう, より適切なモデルを検討していく予定である. 今回は単調増加, 単調減少の定量的データしか利用しなかったので, それ以外の定量的データを利用する方法を検討しなければならない.

謝辞

本研究を進めるにあたって, 多くの方にご支援をいただきました. この場を借りて感謝の気持ちを表したいと思います.

指導教官の國藤進教授には研究に関してさまざまな助言をしていただき, 自由な研究環境をはじめとする日頃の研究生活全般においても常に配慮していただき, 大変感謝しています.

國藤研究室博士課程の加藤直孝氏には研究について数多くのアドバイスを与えて頂き, 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 AHP-aid を使用させて頂きました.

また, 國藤研究室の方々には日頃から研究に関して議論を重ねていただき, 研究活動以外にも私生活の面でも非常にお世話になりました. 心から感謝しております.

最後に私ごとで恐縮ですが, これまでの学生生活を金銭的・精神的に支えてくれた家族にも感謝の意を表させていただきます.

1998 年 2 月 13 日

小川 剛志

参考文献

[1] 広内哲夫, 小坂武. 意思決定支援システム. 竹内書店新社,1983.

[2] Herbert A.Simon. 意思決定の科学. 産能大出版部,1979.

[3] 戸田光彦, 山口高平, 新谷虎松. 知能化技術と意思決定支援システム. 社団法人計測自動制御学会,1994.

[4] 小橋康章. 決定を支援する. 東京大学出版会,1988.

[5] T.L.Saaty. The Analytic Hierarchy Process.McGraw Hill,1980.

[6] 刀根薫. ゲーム感覚意思決定法 — AHP 入門—. 日科技連出版社,1986.

[7] 刀根薫. 経営効率性の測定と改善. 日科技連出版社,1993.

[8] 木下栄蔵. 階層分析法による多目的意思決定問題への適用に関する研究. 交通工学,Vol.28,No.1,pp.35-44,1993.

[9] 市川惇信 (編). 多目的決定の理論と方法. 計測自動制御学会,1980.

[10] 岡本良夫. 逆問題とその解き方. オーム社,1992.

[11] 木下栄蔵. わかりやすい意思決定論入門. 近代科学社,1996.

[12] 飯島淳一. 意思決定支援システムとエキスパートシステム. 日科技連出版社,1993.

[13] 社会調査研究所. 地域経済総覧'96. 東洋経済,1995.

[14] 経済企画庁国民生活局編. 新国民生活指標 (平成 8 年版). 大蔵省印刷局,1996.

参考文献

[15] 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤進. AHP 支援ソフトウェア AHP-aid for Windows. 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会,pp.96-97,1997.

[16] A.Charenes,W.W.Cooper and E.Rhodes. Measuring the Efficiency of Decision Making Units, European Journal of Operational Research,Vol.2,No.6,pp.429-444,1978.

[17] 長田英希. 主観的判断と合理性を考慮した意思決定法の研究. 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 修士論文,1994.

[18] 刀根薫. DEA のモデルをめぐって ―再論―. 日本オペレーションズ・リサーチ学会,Vol.40,No.12,pp.681-685,1995.

[19] 末吉俊幸. DEA による効率性分析に関する一考察. 日本オペレーションズ・リサーチ学会,Vol.35,No.3,pp.167-173,1990.

[20] 小川剛志, 國藤進, 加藤直孝. 代替案評価の根拠を定量的データで説明可能にした意思決定支援システムの提案. 計測自動制御学会システム／情報合同シンポジウム'97,pp.159-162,1997.

付録 A

AHP の概要

AHP(Analytic Hierarchy Process) は, 意思決定問題の要素を最終目標 (意思決定すべき問題), 評価項目, 代替案の三段階からなる階層構造に作り上げる. そして最終目標から評価項目の重要度を求め, 次に各評価項目から代替案の重要度を評価し、最後に最終目標からみた代替案の重要度に換算する.

（1）一対比較行列

上述の重要度の算出法として一対比較法を用いる. n 個の要素のうち任意の要素 i と要素 j の組合せに対して, 意思決定者は「要素 i は要素 j と比べてどのくらい重要であるか」を下表の意味を参考にして決め, 一対比較値 a_{ij} として表される. そして, $n \times n$ 行列 A $= [a_{ij}]$ を作る. ここで $[a_{ij}] = 1$,$[a_{ji}] = 1/a_{ij} (i \neq j)$ と仮定する. n 個の要素があると n(n-1)/2 回の一対比較で行列 A ができる. この一対比較行列から各要素の重要度を求める.

ここで,n 個の要素の重要度を

$$\boldsymbol{w} = [w_1, w_2, \cdots, w_n]^T \tag{A.1}$$

とし,w_i/w_jを a_{ij}で推定する. すなわち, 行列 A の各要素 a_{ij}を w_i/w_jで置き換え,

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \tag{A.2}$$

表 A.1: 一対比較値

一対比較値 a_{ij}	意味
1	両方の項目が**同じくらい重要**
3	前の項目の方が後の方より**若干重要**
5	前の項目の方が後の方より**重要**
7	前の項目の方が後の方より**かなり重要**
9	前の項目の方が後の方より**絶対的に重要**
2,4,6,8	補間的に用いる

とする．この A に右辺から,$\boldsymbol{w}$を乗じると,

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \tag{A.3}$$

となる．ここで, $\boldsymbol{w} = [w_1, w_2, \cdots, w_n]^T$ とベクトル表示すれば,

$$A\boldsymbol{w} = n\boldsymbol{w} \tag{A.4}$$

となる．この式は固有値問題

$$(A - nI)\boldsymbol{w} = 0 \tag{A.5}$$

に変形でき,n は線形代数でいう固有値, $\boldsymbol{w}$は固有ベクトルである．

A の最大固有値λ_{max}に対する固有ベクトル$\boldsymbol{w}$を重要度とする．ただし, 重要度 w_iは,$\sum w_i = 1$ となるように正規化されているのが一般的である．

次に同様の手順で各評価項目からみた代替案の一対比較を行う．n 個の項目に順序をつけると最小 n-1 個の 2 項関係があればよいが, それを n(n-1)/2 個の判断で決めているので冗長度がある．

（2）判断の整合性

一対比較の判断の首尾一貫性の尺度として整合度を用いる．すなわち,「要素 i よりも要素

jが望ましく，要素 jよりも要素 kが望ましい」場合,「要素 i よりも要素 kが望ましい」といえること，言い換えれば「一対比較値の推移律 $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$がすべての i, j, kについて成り立つ」時に，行列 A は整合性があるという．完全に整合性がある時には $\lambda_{max} = n$ が成立し，そこからのずれを行列の大きさを示す値 $n-1$ で割った

$$C.I. = (\lambda_{max} - n)/(n-1) \tag{A.6}$$

を整合度 (consistency index, $C.I.$) とする．$C.I. = 0$ は首尾一貫性が完全な場合で，整合性が悪いほど $C.I.$は大きくなる．経験的に $C.I. \leq 0.1$ (場合によっては 0.15)が有効性の尺度とされる．

(文献 [6] から引用加筆)

付録 B

包絡分析法の概要

包絡分析法(DEA：Data Envelopment Analysis) の基本的なモデルである CCR(Charnes-Cooper-Rhodes) モデルに基づき, 包絡分析法について説明する. まず, 扱うデータについて説明する.

B.1 データ

包絡分析法では分析対象を一般に DMU(Decision Making Unit：意思決定者) という. DMU は銀行, デパート, 営業所, 都道府県, 市町村, 個人などのように多種多様であるが, これらの DMU はそれぞれのカテゴリーごとに似たような機能をもって活動している. ただし, ある程度の独立した経営上の権限はもっているものとする. 本論文では,DMU を事業体と呼ぶことにする. n 個の DMU を各々,$DMU_1, DMU_2, \ldots, DMU_n$と番号付ける.

次に, 各事業体に共通した入力項目と出力項目を選ぶ. ごく, 一般的な選び方としては次のような方針を取る.

1. 入力項目, 出力項目とも数値データが準備できること. 原則として, 全事業体についてその値は正であること.

2. 入力項目, 出力項目の選定にあたっては, 自分がみたいと思う (入力対出力の) 効率性の特徴をよく表しているものを選ぶ.

3. 原則として, ある出力を得るための入力に関して言えば, 値の小さいものほど好ましく, ある出力に関しては大きいものほど好ましい状態にあるとする.

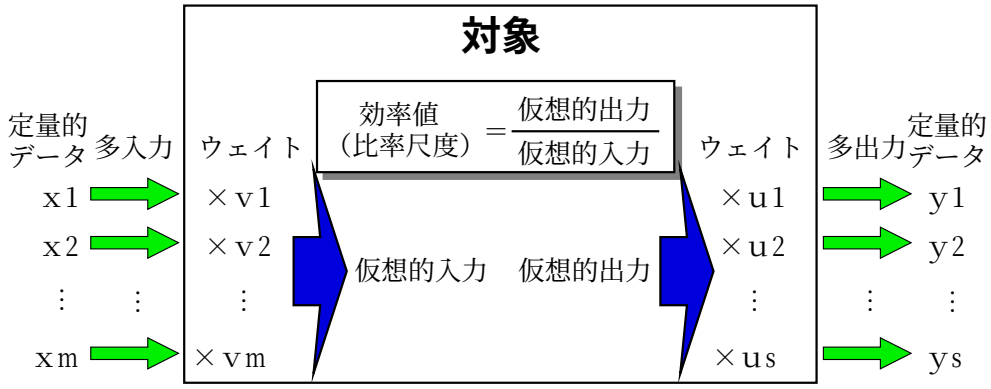

図 B.1: DEA の概要

4. 入力項目, 出力項目の数値の単位は任意にとってよい. 例えば, 人数, 金額, 面積, 台数などである.

m 個の入力項目と s 個の出力項目が選定され,DMU_jの入力データを $x_{1j}, x_{2j}, \ldots, x_{mj}$, 出力データを $y_{1j}, y_{2j}, \ldots, y_{sj}$ とする. 各事業体のデータを縦に並べて行列を作り, 入力データ行列 X と出力データ行列 Y とする. X は $(m \times n)$ 型,$(s \times n)$ 型の行列である.

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \tag{B.1}$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ y_{s1} & y_{s2} & \cdots & y_{sn} \end{pmatrix} \tag{B.2}$$

B.2 CCR モデル

n 個の事業体それぞれについて比率尺度で効率性を測定していくが, 対象になっている事業体を代表的に記号 o とし DMU_oとする. 入力につけるウェイトを $v_i (i = 1, \ldots, m)$, 出

力につけるウェイトを $u_r(r = 1, \ldots, s)$ として, その値を次の分数計画問題を解くことによって定める.

$$< FP_o > \text{目的関数} \, max \ \theta = \frac{u_1 y_{1_o} + u_2 y_{2_o} + ... + u_s y_{s_o}}{v_1 x_{1_o} + v_2 x_{2_o} + ... + v_m x_{m_o}} \tag{B.3}$$

$$\text{制約式} \ \frac{u_1 y_{1_j} + u_2 y_{2_j} + ... + u_s y_{s_j}}{v_1 x_{1_j} + v_2 x_{2_j} + ... + v_m x_{m_j}} \leq 1 \tag{B.4}$$

$$(j = 1, \cdots, n)$$

$$v_1, v_2, \cdots, v_m \geq 0 \tag{B.5}$$

$$u_1, u_2, \cdots, u_s \geq 0 \tag{B.6}$$

この制約式の意味は, ウェイト v_i, u_r による仮想的入力と出力の比をすべての事業体について1以下に押さえるということである. その上で, 当該の事業体の比率尺度 θ を最大化するように, v_i, u_r を決める. したがって, 最適な θ の値 θ^* は高々1である.

この分数計画問題は線形計画問題で表すことができる.

$$< LP_o > \text{目的関数} \, max \ \theta = u_1 y_{1_o} + u_2 y_{2_o} + ... + u_s y_{s_o} \tag{B.7}$$

$$\text{制約式} \ v_1 x_{1_o} + v_2 x_{2_o} + ... + v_m x_{m_o} = 1 \tag{B.8}$$

$$u_1 y_{1_j} + \ldots + u_s y_{s_j} \leq v_1 x_{1_j} + ... + v_m x_{m_j} \tag{B.9}$$

$$(j = 1, \cdots, n)$$

$$v_1, v_2, \cdots, v_m \geq 0 \tag{B.10}$$

$$u_1, u_2, \cdots, u_s \geq 0 \tag{B.11}$$

$< LP_o >$の最適解を (v^*, u^*) とし目的関数値を θ^* とする. そのとき,

定義1 (D効率性) 1. $\theta^* = 1$ ならば DMU_oは**D効率的**であるという.

2. $\theta^* \geq 1$ ならば DMU_oは**D非効率的**であるという.

B.3 (v^*, u^*) の意味

$< LP_o >$の最適解として得られた (v^*, u^*) の値は DMU_oに対する最適ウェイトを意味する. 比率尺度の値は

$$\theta^* = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r^* y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i^* x_{ij}} \tag{B.12}$$

である. B.9より上式の分母は１である. そして

$$\theta^* = \sum_{r=1}^{s} u_r^* y_{rj} \tag{B.13}$$

である. この (v^*, u^*) は DMU_oにとって比率尺度を最大化するという目的のために最も好意的なウェイト付けの値である. (v_i^*は入力項目に対する最適ウェイトであり, その大小によってその事業体のどの入力項目が高く評価されているかがわかるし, (u_r^*は出力項目に対する最適ウェイトであり, その大小によってその事業体のどの出力項目が高く評価されているかがわかる. さらに,($v_i^* x_{io}$の個々の値をみるならば, 仮想的入力

$$\sum_{i=1}^{m} v_i^* x_{ij} (= 1) \tag{B.14}$$

のなかでどの入力項目がどのぐらいの比重を占めるかがわかる. (v_i^*の値は入力データの単位の取り方によって変わるので, こちらの値の方が比重をみるには適している. 同様のことが ($u_r^* y_{ro}$の個々の値についてもいえる. これらの値は個々の事業体にとって, どの入出力項目に特徴があるかを示すものである.

(文献 [7] から引用加筆)