

第3章 AHPを活用した原単位作成手法（2種類）の提案

3.1 AHPを活用した原単位作成手法の検討目的

3.1.1 目的および検討の着眼点

CVMは、計測対象財の全体の価値しか計測できず、財を構成する各要素の価値までは計測することはできない。また、各要素の価値まで計測できるコンジョイント分析は、多数の代替案（プロフィール）を作成する必要があるという欠点を有する。このようにCVMとコンジョイント分析は、効率性と簡便性という視点から、原単位を作成する手法として問題点を有する。

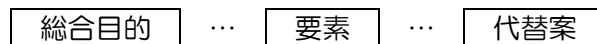
このため、本研究では、効率的かつ簡便な原単位作成に向けて新たな手法を検討した。具体的には、最適案を決定するための意思決定手法であるAHPの適用を検討した。

AHP（Analytic Hierarchy Process：階層分析法）は、いくつかの要素で構成される数種類の代替案を設定し、各代替案の総合評価値を算定するものである。AHPの適用により、原単位作成の対象とする社会的コストと貨幣価値が既知である社会的コストとの相対的な重要度を計測すれば、複数の社会的コストの原単位を一度に作成できるものと考えた。また、貨幣価値が既知の社会的コストがない場合には、CVMにより貨幣価値を算定し、原単位を作成することを考えた。

3.1.2 AHPの概要

AHPは、複数の代替案の中から最も望ましい代替案を選択するための「意思決定」手法である。図3-1にAHPのイメージを示す。

AHPでは、意思決定のための要素を



の関係で捉えて階層構造を作り上げ、アンケート調査を用いて、各要素の重みを求め、次に、各要素からみた各代替案の評価点を算定し、最後に、各代替案の総合評価値を算定するものである。

この総合評価値の大きさから、代替案の選択する際の優先順位が決定される。

$$\begin{aligned} & \text{代替案の総合評価値} \\ & = \Sigma \left(\left[\text{要素 } i \text{ の重み} \right] \times \left[\text{要素 } i \text{ に対する評価点} \right] \right) \end{aligned}$$

例えば、代替案1の総合評価値の算定方法は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{代替案1の総合評価値} \\ & = \left[k_1 \times x_1 \right] + \left[k_2 \times y_1 \right] + \left[k_3 \times z_1 \right] \end{aligned}$$

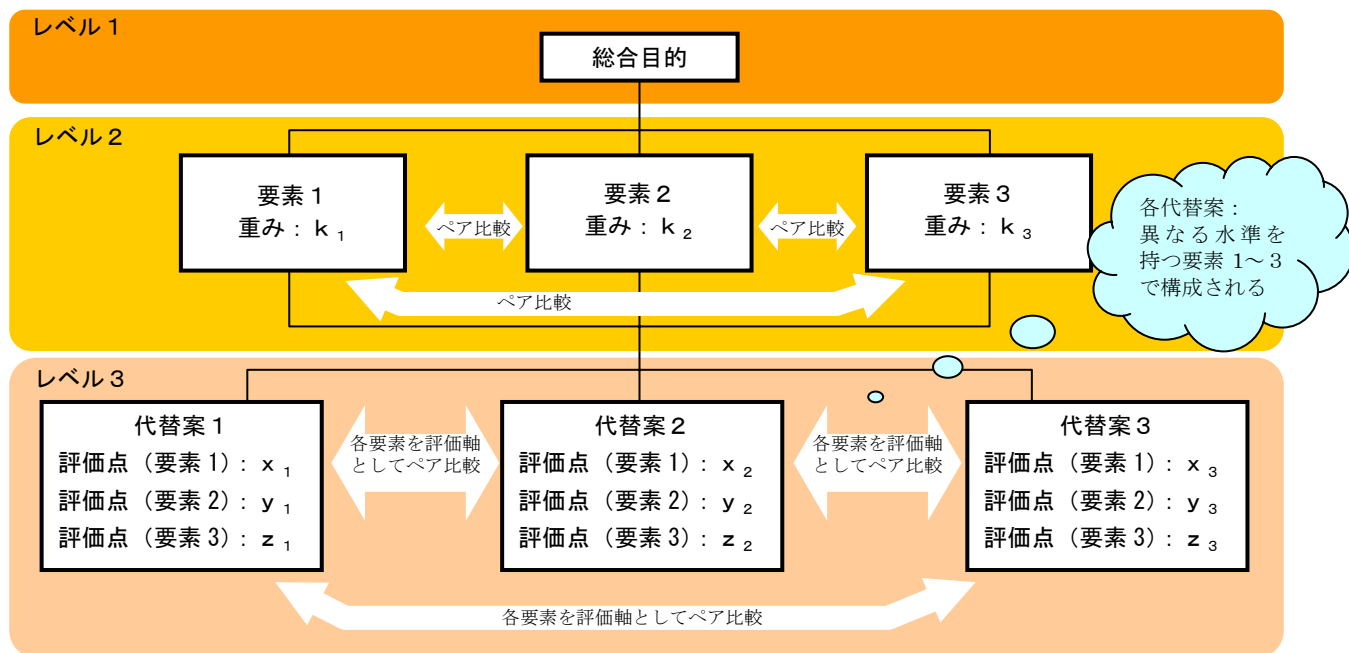


図 3-1 AHP手法のイメージ

3. 2 計測事例を活用したAHP手法の提案 (案1)

3.2.1 手法のモデル化

既知の原単位を活用したAHP手法は、以下の2つケースでの適用が考えられる。

- ・ 貨幣価値が既知の代替案があるケース
- ・ 貨幣価値が既知の代替案はないが、比較可能な環境財があるケース

貨幣価値が既知の代替案があるケースは、CVM等によりあるひとつの代替案の貨幣価値が計測済みで、その貨幣価値を基に代替案を構成する要素の原単位を作成するものである。

貨幣価値が既知の代替案はないが比較可能な環境財があるケースは、代替案と貨幣価値が既知の環境財を比較し、代替案を構成する要素の原単位を作成するものである。要素の構成が代替案とは異なるが代替案と比較可能な既知の貨幣価値を有する環境財がある場合に適用される。

3.2.2 貨幣価値が既知の代替案があるケース

貨幣価値が既知の代替案があるケースの概要は図 3-2 に示すとおりである。

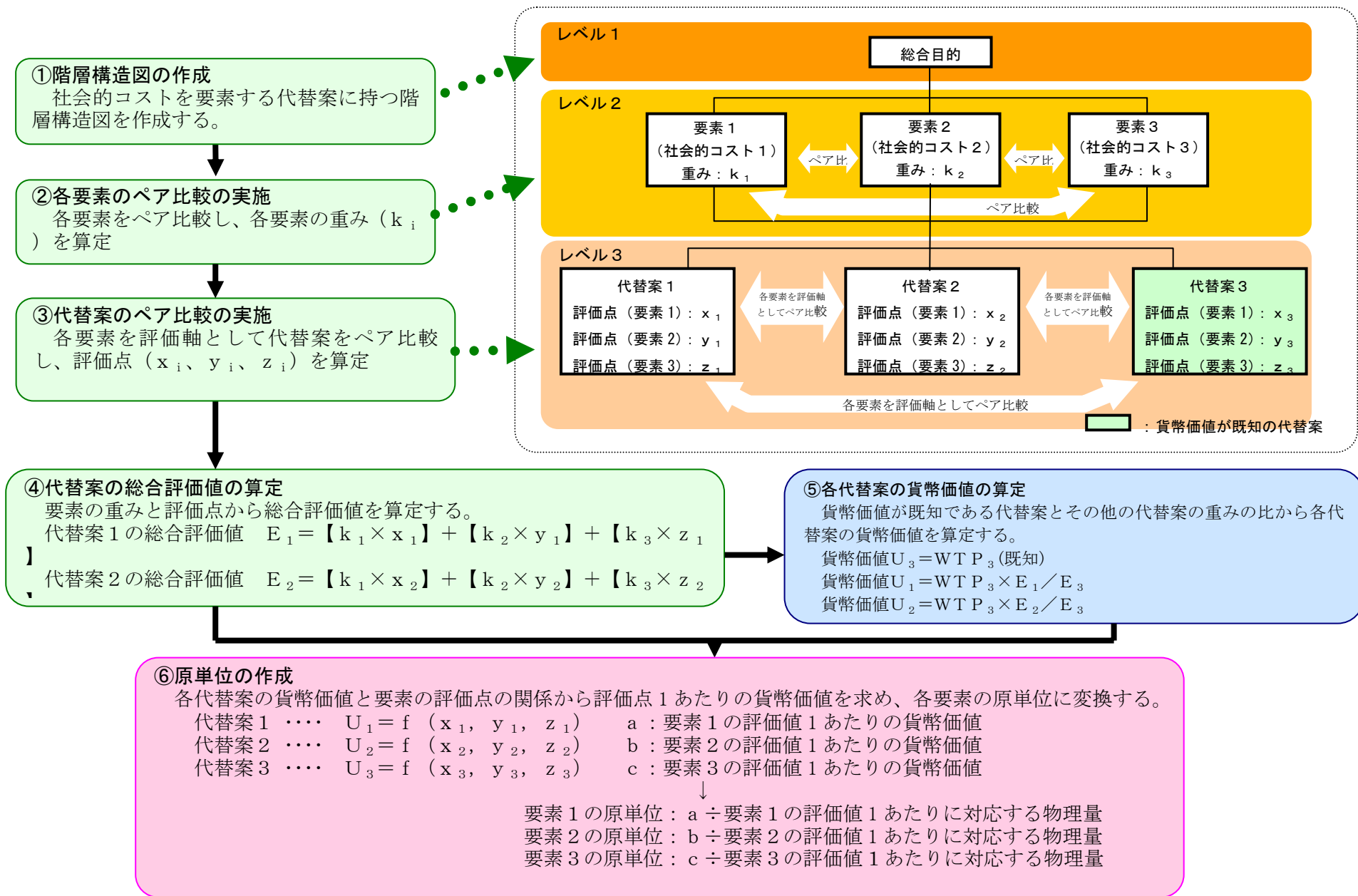


図 3-2 計測事例を活用したAHP手法の概要（貨幣価値が既知の代替案があるケース）

①階層構造図の作成

社会的コストを要素として設定し、水準の異なる要素をもつ代替案を作成し、これらを階層として表した階層構造図を作成する。要素の水準は、原単位の単位（分母）となる物理量に対応するものとする。この場合、貨幣価値が既知の代替案を組み込むことが必要である。

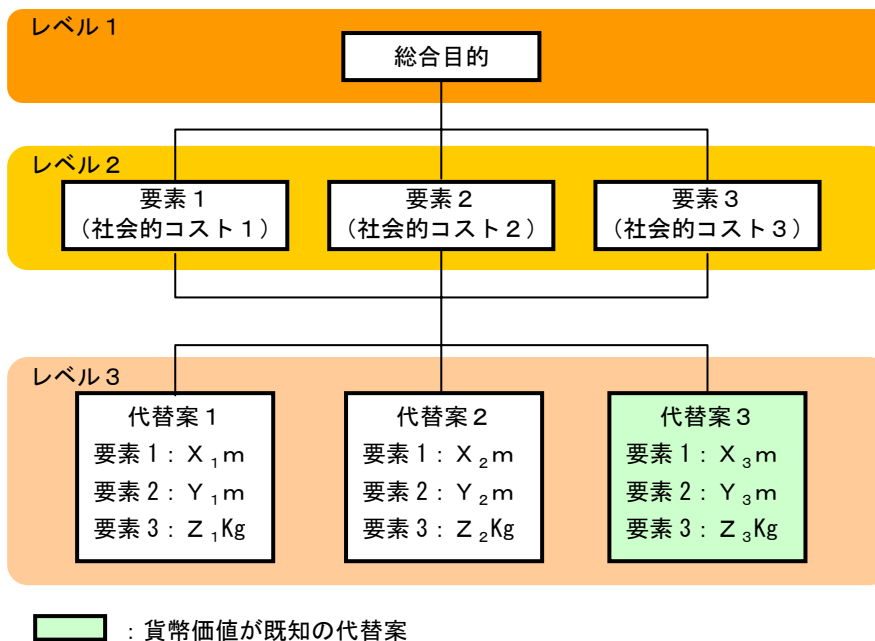


図 3-3 階層構造図のイメージ

②各要素のペア比較

■要素間のペア比較

要素間のペア比較をアンケート調査により行い、ペア比較マトリックスを作成する。

■要素の重みの算定

要素の重みの算定をペア比較マトリックス表を作成して行う。

| | 要素 1 (社会的コスト 1) | 要素 2 (社会的コスト 2) | 要素 3 (社会的コスト 3) |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 要素 1 (社会的コスト 1) | 1 | w_1/w_2 | w_1/w_3 |
| 要素 2 (社会的コスト 2) | w_2/w_1 | 1 | w_2/w_3 |
| 要素 3 (社会的コスト 3) | w_3/w_1 | w_3/w_2 | 1 |

w_i/w_j : 要素 i と要素 j を比較してどちらが重要であるかを 5 段階等で評価した値



$$\text{重み (要素 1、要素 2、要素 3)} = (k_1, k_2, k_3)$$

③代替案のペア比較の実施

各要素を評価軸として、各代替案の評価点を算定する。評価点は、要素間と同様に代替案を各要素間でペア比較を行い、その結果よりペア比較マトリックスを作成し要素間の重みを算定する。

$$\text{評価点}_{\text{要素1}} (\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (x_1, x_2, x_3)$$

$$\text{評価点}_{\text{要素2}} (\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (y_1, y_2, y_3)$$

$$\text{評価点}_{\text{要素3}} (\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (z_1, z_2, z_3)$$

④代替案の総合評価値の算定

要素の重みと評価点を乗じることにより、総合評価値を算定する。

$$\text{総合評価値} E = \begin{pmatrix} \text{評価点}_{\text{要素1}} & \text{評価点}_{\text{要素2}} & \text{評価点}_{\text{要素3}} \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{pmatrix} \begin{matrix} \text{代替案1} \\ \text{代替案2} \\ \text{代替案3} \end{matrix}$$

$$E_1 = [x_1 \cdot k_1] + [y_1 \cdot k_2] + [z_1 \cdot k_3]$$

$$E_2 = [x_2 \cdot k_1] + [y_2 \cdot k_2] + [z_2 \cdot k_3]$$

$$E_3 = [x_3 \cdot k_1] + [y_3 \cdot k_2] + [z_3 \cdot k_3]$$

⑤各代替案の貨幣価値の算定

貨幣価値が既知である代替案とその他の代替案の総合評価値の比から、その他の代替案の貨幣価値を算定する。

$$\text{貨幣価値} U_3 = W T P_3 \text{ (円/世帯等)}$$

↓

$$\text{貨幣価値} U_1 = W T P_3 \times E_1 / E_3$$

$$\text{貨幣価値} U_2 = W T P_3 \times E_2 / E_3$$

⑥原単位の作成

貨幣価値は代替案を構成する要素を因子とする関数で表されると仮定し、要素の評価点1あたりの貨幣価値を算定し、各要素の原単位を作成する。

$$\text{代替案1} \cdots U_1 = f(x_1, y_1, z_1)$$

$$\text{代替案2} \cdots U_2 = f(x_2, y_2, z_2)$$

$$\text{代替案3} \cdots U_3 = f(x_3, y_3, z_3)$$

例えば、関数型を線形と仮定すると以下のとおりとなる。

$$\text{代替案1} \cdots U_1 = a \cdot x_1 + b \cdot y_1 + c \cdot z_1$$

$$\text{代替案2} \cdots U_2 = a \cdot x_2 + b \cdot y_2 + c \cdot z_2$$

$$\text{代替案3} \cdots U_3 = a \cdot x_3 + b \cdot y_3 + c \cdot z_3$$

a : 要素1の評価値1あたりの貨幣価値 (円/要素1の評価値)

b : 要素2の評価値1あたりの貨幣価値 (円/要素2の評価値)

c : 要素3の評価値1あたりの貨幣価値 (円/要素3の評価値)



<原単位>

要素1の原単位： $a \div$ 要素1の評価値1に対応する物理量（円/m・世帯等）

要素2の原単位： $b \div$ 要素2の評価値1に対応する物理量（円/m・世帯等）

要素3の原単位： $c \div$ 要素3の評価値1に対応する物理量（円/kg・世帯等）

3.2.3 比較可能な環境財があるケース

貨幣価値が既知の代替案がないが、代替案と比較可能な貨幣価値を有する環境財があるケースの概要は図3-4に示すとおりである。

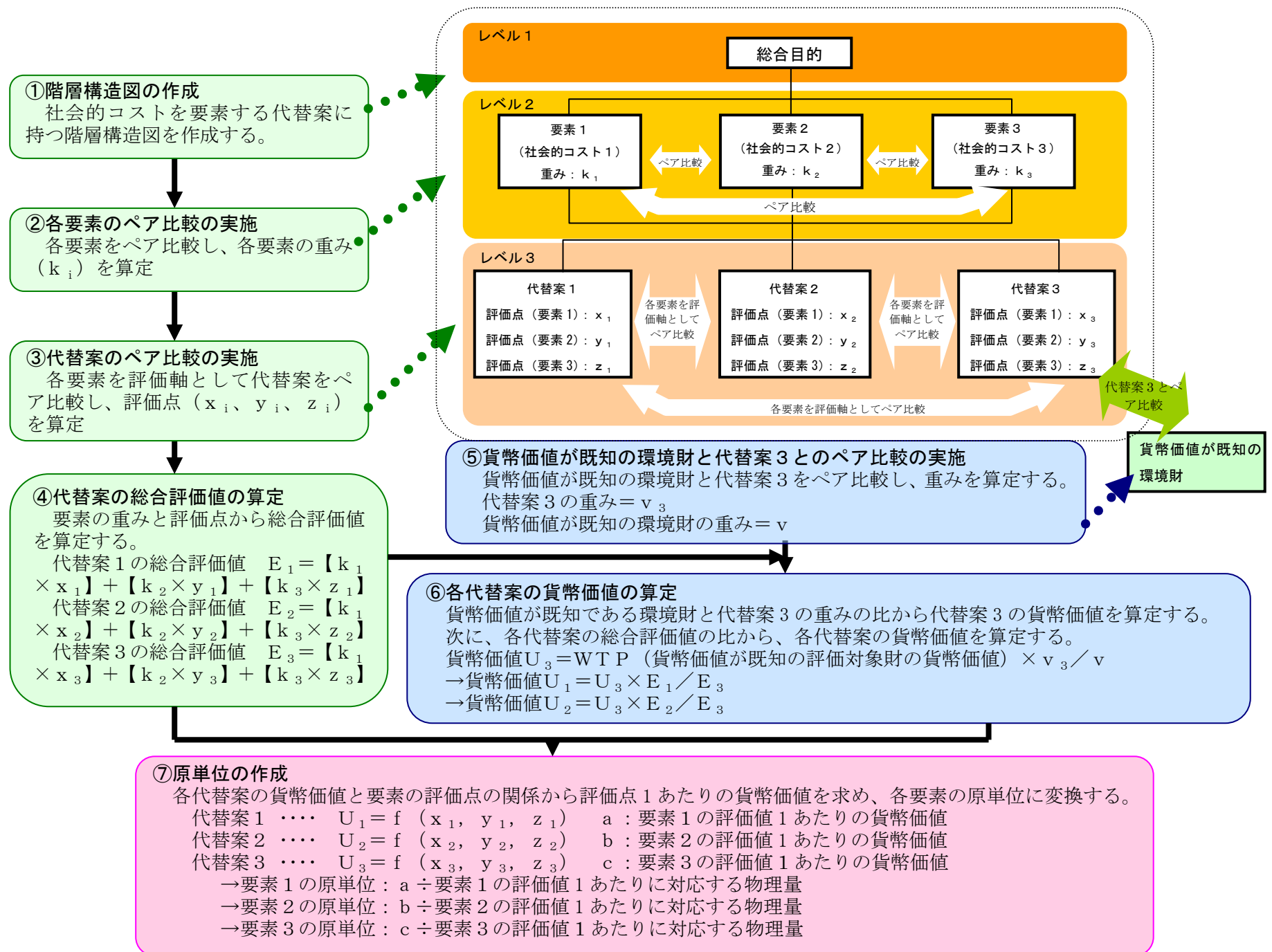


図 3-4 既知の原単位を活用した AHP 手法の概要 (貨幣価値が既知の代替案がないが比較可能な環境財があるケース)

①階層構造図の作成

社会的コストを要素として設定し、水準の異なる要素をもつ代替案を作成し、これらを階層として表した階層構造図を作成する。要素の水準は、原単位の単位（分母）となる物理量に対応するものとする。

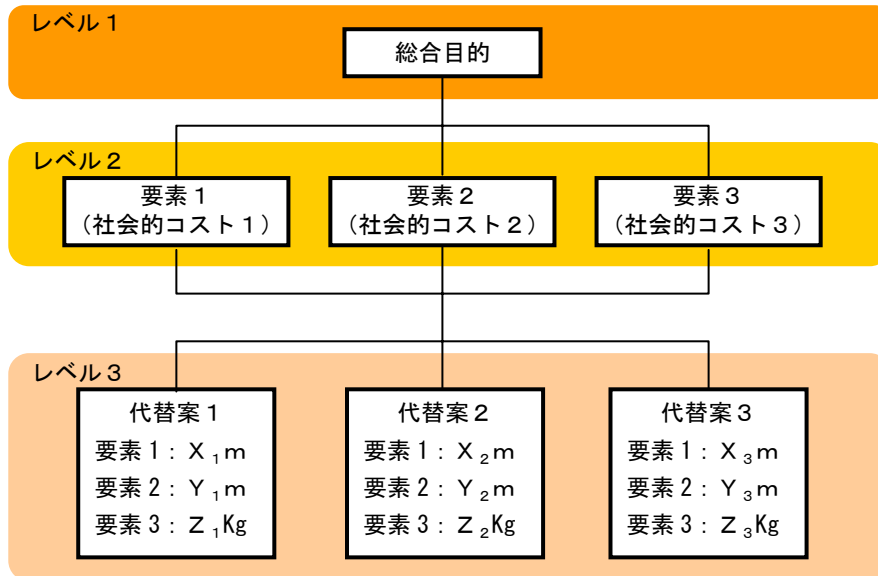


図 3-5 階層構造図のイメージ

②各要素のペア比較の実施

■要素間のペア比較

要素間のペア比較をアンケート調査により行い、ペア比較マトリックスを作成する。

■要素の重みの算定

要素の重みの算定をペア比較マトリックス表を作成して行う。

| | 要素 1 (社会的コスト 1) | 要素 2 (社会的コスト 2) | 要素 3 (社会的コスト 3) |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 要素 1 (社会的コスト 1) | 1 | w_1/w_2 | w_1/w_3 |
| 要素 2 (社会的コスト 2) | w_2/w_1 | 1 | w_2/w_3 |
| 要素 3 (社会的コスト 3) | w_3/w_1 | w_3/w_2 | 1 |

w_i/w_j : 要素 i と要素 j を比較してどちらが重要であるかを 5 段階等で評価した値



$$\text{重み (要素 1、要素 2、要素 3)} = (k_1, k_2, k_3)$$

③代替案のペア比較の実施

各要素を評価軸として、各代替案の評価点を算定する。評価点は、要素間の重みと同様にペア

比較を行い、ペア比較マトリックスを作成して算定する。

$$\text{評価点}_{\text{要素1}} (\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (x_1, x_2, x_3)$$

$$\text{評価点}_{\text{要素2}} (\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (y_1, y_2, y_3)$$

$$\text{評価点}_{\text{要素3}} (\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (z_1, z_2, z_3)$$

④代替案の総合評価値の算定

要素の重みと評価点を乗じることにより、総合評価値を算定する。

$$\text{総合評価値} E = \begin{pmatrix} \text{評価点}_{\text{要素1}} & \text{評価点}_{\text{要素2}} & \text{評価点}_{\text{要素3}} \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{代替案1} \\ \text{代替案2} \\ \text{代替案3} \end{array}$$

$$E_1 = [x_1 \cdot k_1] + [y_1 \cdot k_2] + [z_1 \cdot k_3]$$

$$E_2 = [x_2 \cdot k_1] + [y_2 \cdot k_2] + [z_2 \cdot k_3]$$

$$E_3 = [x_3 \cdot k_1] + [y_3 \cdot k_2] + [z_3 \cdot k_3]$$

⑤貨幣価値が既知である環境財と代替案3とのペア比較の実施

貨幣価値が既知である環境財と代替案3の重みをペア比較することにより重みを算定する。

$$\text{代替案3の重み} = v_3$$

$$\text{貨幣価値が既知である環境財の重み} = v$$

⑥各代替案の貨幣価値の算定

貨幣価値が既知である環境財と代替案3の総合評価値の比から、その他の代替案の貨幣価値を算定する。次に、各代替案の総合評価値の比から、各代替案の貨幣価値を算定する。

$$\text{貨幣価値} U_3 = WTP (\text{貨幣価値が既知の代替案の貨幣価値}) \times v_3 / v$$

↓

$$\text{貨幣価値} U_1 = U_3 \times E_1 / E_3$$

$$\text{貨幣価値} U_2 = U_3 \times E_2 / E_3$$

⑦原単位の作成

貨幣価値は代替案を構成する要素を因子とする関数で表されると仮定し、要素の評価点1あたりの貨幣価値を算定する。

$$\text{代替案1} \cdots U_1 = f(x_1, y_1, z_1)$$

$$\text{代替案2} \cdots U_2 = f(x_2, y_2, z_2)$$

$$\text{代替案3} \cdots U_3 = f(x_3, y_3, z_3)$$

例えば、関数型を線形と仮定すると以下のとおりとなる。

$$\text{代替案1} \cdots U_1 = a \cdot x_1 + b \cdot y_1 + c \cdot z_1$$

$$\text{代替案2} \cdots U_2 = a \cdot x_2 + b \cdot y_2 + c \cdot z_2$$

$$\text{代替案3} \cdots U_3 = a \cdot x_3 + b \cdot y_3 + c \cdot z_3$$

- a : 要素1の評価値1あたりの貨幣価値 (円/要素1の評価値)
- b : 要素2の評価値1あたりの貨幣価値 (円/要素2の評価値)
- c : 要素3の評価値1あたりの貨幣価値 (円/要素3の評価値)



＜原単位＞

要素1の原単位 : $a \div$ 要素1の評価値1に対応する水準 (円/m・世帯等)

要素2の原単位 : $b \div$ 要素2の評価値1に対応する水準 (円/m・世帯等)

要素3の原単位 : $c \div$ 要素3の評価値1に対応する水準 (円/kg・世帯等)

3.3 CVMを活用したAHP手法の提案(案2)

3.3.1 手法のモデル化

基本的には、計測事例を活用したAHP手法と同じ流れであるが、既知の貨幣価値をもつ代替案や環境財がないため、CVMにより、代替案の変化に対する支払意思額を求め、代替案の変化の貨幣価値を算定し原単位を作成する。CVMを活用したAHP手法の概要は図3-6に示すとおりである。

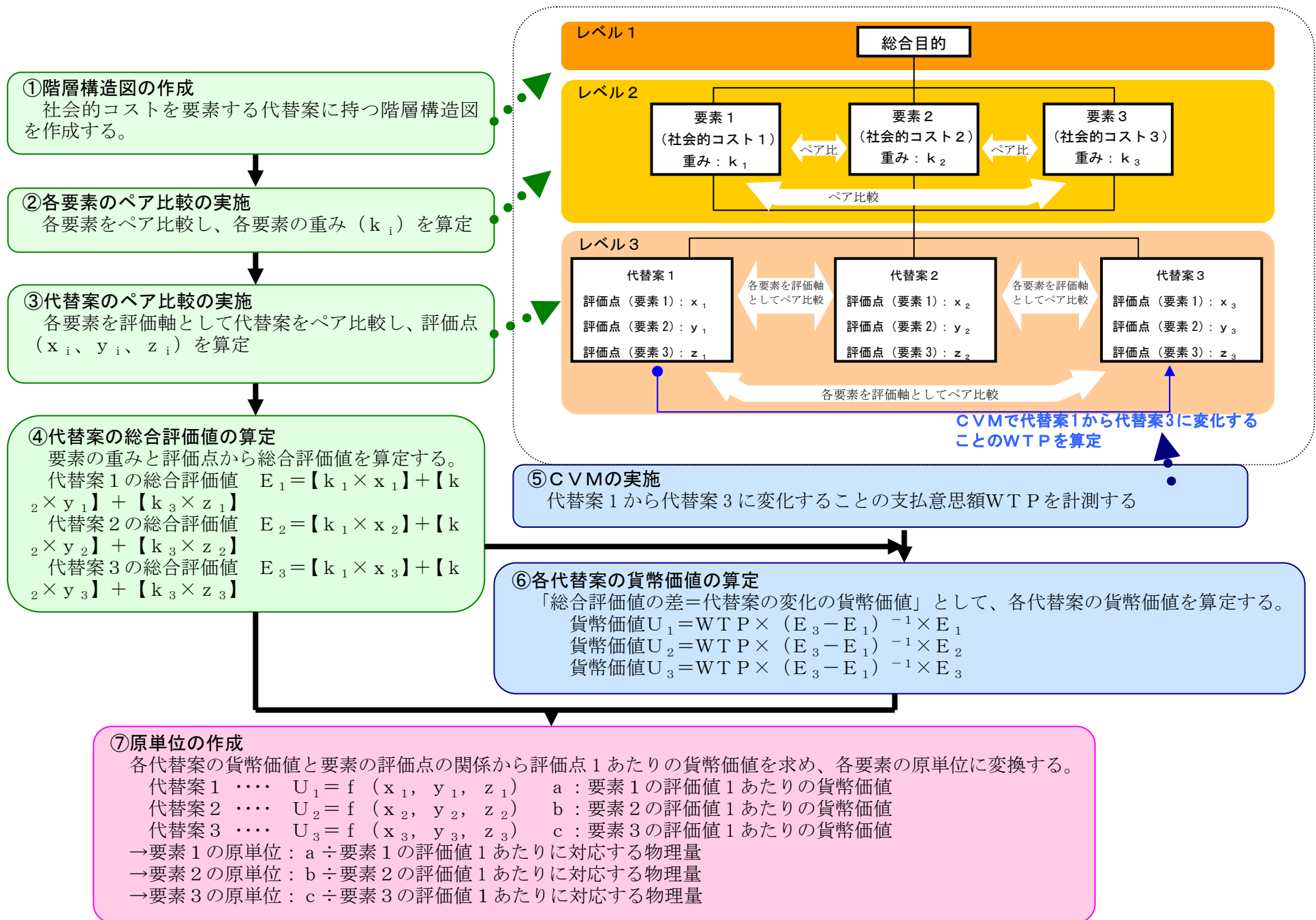


図 3-6 CVMを活用したAHP手法の概要

①階層構造図の作成

社会的コストを要素として設定し、水準の異なる要素をもつ代替案を作成し、これらを階層として表した階層構造図を作成する。要素の水準は、原単位の単位（分母）となる物理量に対応するものとする。

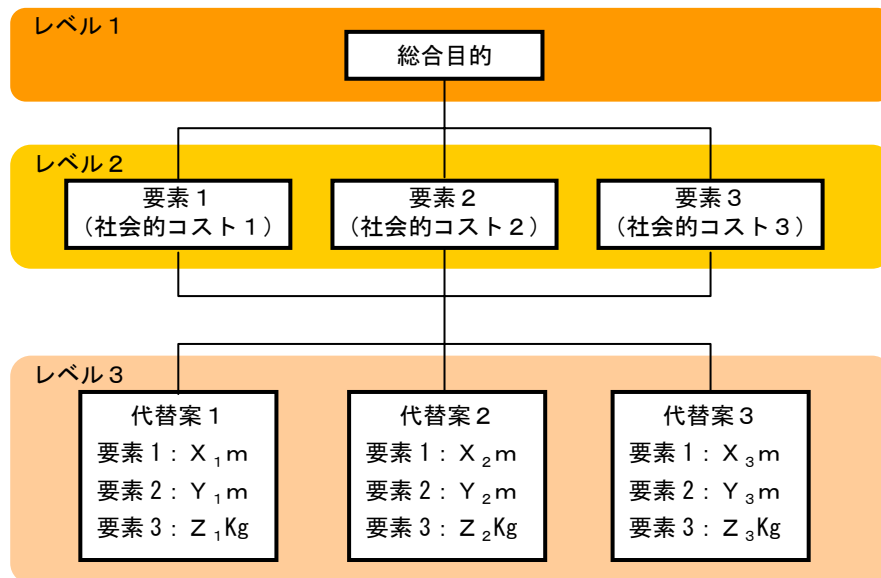


図 3-7 階層構造図のイメージ

②各要素のペア比較の実施

■要素間のペア比較

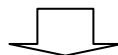
要素間のペア比較をアンケート調査により行い、ペア比較マトリックスを作成する。

■要素の重みの算定

要素の重みの算定をペア比較マトリックス表を作成して行う。

| | 要素 1 (社会的コスト 1) | 要素 2 (社会的コスト 2) | 要素 3 (社会的コスト 3) |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 要素 1 (社会的コスト 1) | 1 | w_1/w_2 | w_1/w_3 |
| 要素 2 (社会的コスト 2) | w_2/w_1 | 1 | w_2/w_3 |
| 要素 3 (社会的コスト 3) | w_3/w_1 | w_3/w_2 | 1 |

w_i/w_j : 要素 i と要素 j を比較してどちらが重要であるかを 5 段階等で評価した値



重み (要素 1、要素 2、要素 3) = (k_1, k_2, k_3)

③代替案のペア比較の実施

各要素を評価軸として、各代替案の評価点を算定する。評価点は、要素間の重みと同様にペア比較を行った結果よりペア比較マトリックスを作成して算定する。

$$\text{評価点}_{\text{要素1}}(\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (x_1, x_2, x_3)$$

$$\text{評価点}_{\text{要素2}}(\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (y_1, y_2, y_3)$$

$$\text{評価点}_{\text{要素3}}(\text{代替案1、代替案2、代替案3}) = (z_1, z_2, z_3)$$

④代替案の総合評価値の算定

要素の重みと評価点を乗じることにより、総合評価値を算定する。

$$\text{総合評価値} E = \begin{pmatrix} \text{評価点}_{\text{要素1}} & \text{評価点}_{\text{要素2}} & \text{評価点}_{\text{要素3}} \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{pmatrix} \left| \begin{array}{l} \text{代替案1} \\ \text{代替案2} \\ \text{代替案3} \end{array} \right.$$

$$E_1 = [x_1 \cdot k_1] + [y_1 \cdot k_2] + [z_1 \cdot k_3]$$

$$E_2 = [x_2 \cdot k_1] + [y_2 \cdot k_2] + [z_2 \cdot k_3]$$

$$E_3 = [x_3 \cdot k_1] + [y_3 \cdot k_2] + [z_3 \cdot k_3]$$

⑤CVMの実施

代替案1から代替案3に変化することの支払意思額(WTP)をCVMにより計測する。

⑥各代替案の貨幣価値の算定

「総合評価値の差=代替案の変化の貨幣価値」として、各代替案の貨幣価値を算定する。

$$\text{貨幣価値} U_1 = WTP \times (E_3 - E_1)^{-1} \times E_1$$

$$\text{貨幣価値} U_2 = WTP \times (E_3 - E_1)^{-1} \times E_2$$

$$\text{貨幣価値} U_3 = WTP \times (E_3 - E_1)^{-1} \times E_3$$

⑦原単位の作成

貨幣価値は代替案を構成する要素を因子とする関数で表されると仮定し、要素の評価点1あたりの貨幣価値を算定し、各要素の原単位を作成する。

$$\text{代替案1} \cdots U_1 = f(x_1, y_1, z_1)$$

$$\text{代替案2} \cdots U_2 = f(x_2, y_2, z_2)$$

$$\text{代替案3} \cdots U_3 = f(x_3, y_3, z_3)$$

例えば、関数型を線形と仮定すると以下のとおりとなる。

代替案 1 …… $U_1 = a \cdot x_1 + b \cdot y_1 + c \cdot z_1$

代替案 2 …… $U_2 = a \cdot x_2 + b \cdot y_2 + c \cdot z_2$

代替案 3 …… $U_3 = a \cdot x_3 + b \cdot y_3 + c \cdot z_3$

a : 要素 1 の評価値 1 あたりの貨幣価値 (円/要素 1 の評価値)

b : 要素 2 の評価値 1 あたりの貨幣価値 (円/要素 2 の評価値)

c : 要素 3 の評価値 1 あたりの貨幣価値 (円/要素 3 の評価値)



<原単位>

要素 1 の原単位 : $a \div$ 要素 1 の評価値 1 に対応する水準 (円/m・世帯等)

要素 2 の原単位 : $b \div$ 要素 2 の評価値 1 に対応する水準 (円/m・世帯等)

要素 3 の原単位 : $c \div$ 要素 3 の評価値 1 に対応する水準 (円/kg・世帯等)