景観設計プロセスにおける代替案選定手法に関する考察

TECHNIQUE FOR ALTERNATIVE SELECTIONS
OF A LANDSCAPE DESIGN PROCESS

本間里見*, 位寄和久**, 両角光男**, 伊勢良一***

*Riken HOMMA, Kazuhisa IKI, Mitsuo MOROZUMI
and Ryoichi ISE*

In the designing process of an architectural project by a team, the designers should advance the design while continuously evaluating the work and making decisions as a group about the project. There are many situations in which two or more alternative solutions are selected by designers. The design team has adopted the decision making process based on strong opinions or majority vote. These methods sometimes faster unclear decisions which are not objective, and therefore, insufficient. To solve this problem, the author proposed the selection technique for alternative design solutions, in which Analytic Hierarchy Process by Saaty was applied. The subjective judgement of each evaluator was reflected in the selection of the alternative solution. By this technique, the decision process could be represented clearly and convincing. In this research, three models of alternative selection by AHP were compared and the effectiveness of each was confirmed.

Keywords : *Analytic Hierarchy Process, Landscape Evaluation, Consensus Decision Making*

階層分析法 (AHP)、景観評価、合意形成

1. 研究の背景と目的

発電所建設など都市景観に影響を及ぼす大規模プロジェクトに際し、建物完成後の景観予測と評価を計画段階で把握し、設計に反映させることは、良好な都市景観を形成していく上で重要である。近年、地域と協調した計画が求められる都市景観のデザインは、地域住民、行政などの様々な主体と合意を形成することは必然であり、複数の関係主体間における景観設計案の評価手法及び複数の代替案からの選定手法が設計者から求められている。しかし、現状の景観設計においては、意思決定過程が明確で合理的な選定手法がとられることは少ない。代替案選定の際に多数決により単純集計的に結果が導かれたり、発言力の強い関係者の意見がそのまま採用されるなど不透明な決定プロセスが多い。既往の研究では、協調設計や建築設計におけるプロセスの研究^{文献1) 文献2)}はみられるが、景観設計のプロセスに関する研究は少ない。さらに、計画プロセスにおける選定手法に関しては、色彩やシステムの選定手法に関する研究^{文献3) 文献4)}はみられるが、計画者グループ^{注1)}における計画案の選定手法に関する研究はない。また、近年、景観評価はCGを利用することが一般的となったが^{文献5) 文献6)}、作成された代替案の具体的な選定ツールは提案されていない。今後のコンピュータによる景観設計支援の方向性として、より多くの関係者が設計段階から参加し、評価と修

正を繰り返しながら設計を行うことは、良好な景観を創造する上で重要となってきた^{文献7)}。そこでは、効率的で透明性のある代替案の選定プロセスが求められている。このため、本稿では、階層分析法^{文献8) 注2)} (以後AHPと呼ぶ)を用いた代替案選定モデルを提案し、計画者グループによる景観設計におけるモデルの有効性と課題を明らかにすることを目的とする。なお、本論文は、情報システム利用技術シンポジウム (第21回、第22回) で報告したAHPを用いた代替案選定システム^{文献9) 文献10)}によるケーススタディの結果に基づき、さらに手法の検討を進展させ、異なる評価傾向を有する計画者グループ間の合意形成支援を目的とした代替案選定モデルの提案に関するものである。

2. 研究の方法

本研究では、まず、景観設計プロセスにおける代替案選定の場面を抽出するために某火力発電所景観設計を事例として代替案選定プロセスをレビューした^{注3)}。次に、AHPを用いた代替案選定モデル I を提案し、都市近郊に立地する清掃工場^{注4)}の景観設計における代替案選定をケーススタディとして、この選定モデルの有効性と課題を考察した。この選定モデル I では、評価項目が互いに独立していることを前提とした。しかしながら、景観評価では必ずしも評価項

* 熊本大学工学部環境システム工学科 助手

** 熊本大学工学部環境システム工学科 教授・工博

*** ハウスプラス住宅保証(株) 常務取締役

Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kumamoto University

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Dr. Eng.

Executive, Houseplus Housing Warranty Corporation Limited

目間の独立性が保証されない場合も想定される。そのため、評価項目間に従属関係を認めるようにAHPを拡張した内部従属法を用いた選定モデルⅡ及び評価構造のレベル^(注5)間に従属関係を認める外部従属法を用いた選定モデルⅢを提案した。3つの選定モデルを比較するため、3つの選定モデルを適用して景観評価を行った。このケーススタディの結果により、提案した3つの選定モデルの有効性と課題を明らかにする。

3. 代替案選定の場面

公共性の高い大規模な施設建設における景観設計プロセスには、複数の関係者がプロセスの様々な場面でデザインの合意を形成していかなければならない。このようなプロセスにおいては、設計案の客観性と透明性を高めるために複数の設計案を用意し、関係者間での検討により代替案が選定されることが多い。ここで、実際の設計業務においてどのような場面で設計案の選定が行われるのかを見るため、某火力発電所の設計プロセスをレビューした。検討された代替案は、タービン建屋、ボイラー建屋、煙突、タンク群等の色彩、色の塗り分け、煙突の形状、煙突の先端部分に塗装される「はちまき」の色彩に関して組み合わせによりヴァリエーションが考えられた。検討資料として、各代替案モデルのCG画像を現地写真に合成した画像が用意された。代替案は各プロセスごとに修正されて増減するが、代替案を絞り込む場面（案の数が減少する）に注目し、複数の選定シーンを抽出した。これらの選定シーンでは、以下のような特徴が見られる。

- ①共通の評価基準を設定して選定したのではなく、各個人の評価基準により順位づけされた
 - ②決定には単純集計による多数決が採用された
 - ③個人の評価はすべて平等に扱われた
- ここで問題になるのは、以下の点である
- ①評価項目が設定されないかもしくは設定されても項目の重要度が一律として評価される
 - ②集団において、単純集計による選定順位の決定には、どれだけ個人の評価が影響したのか捉えられない
 - ③代替案を絶対評価として採点することは、景観評価のもつ曖昧性から被験者の負担となる
 - ④単純集計による多数決では、選好順位に妥当性がない

この1つの事例で、代替案選定の場面をすべて抽出できたわけではないが、少なくとも評価者それぞれの意見が反映され、かつ集団における透明性のある選定プロセスを示す手法が求められていることが明らかになった。グループ作業でよく採用される多数決原理は、個人の判断にあたっては妥当な選考順位の推移律が、必ずしもグループの推移律を満たさないことがある。グループの意思決定において、多数決は本質的に矛盾を孕むことをアロウズ^(注11)が示唆しているように、現状では計画者グループでの意見を統一する有効な手段がない。このため合意形成を目的とすると、計画者グループ内の意見が一意に定まらなくても、意見によるメンバーの傾向、選定に至るまでのプロセスを明らかにすることが重要な条件となる。

景観計画における従来の代替案選定手法がもつ上記①～④の問題点に対応でき、数学的根拠を有する意思決定モデルであるAHPを選定手法として提案する。

図1 景観評価の評価構造

4. 代替案選定モデル

4.1. 階層分析法の適用

AHPを用いた景観評価では、まず、選定プロセスの階層構造を作成する。ここでは、階層構造を以下の4つのレベルで構成する。すなわち、総合評価(レベル1)－視点の重要度(レベル2)－評価項目の重要度(レベル3)－代替案(レベル4)で構成される(図1)。選定の方法は、以下の作業手順で行う。

i) 景観評価を行う視点の重要度を以下の手順で決定する。

- ①視点選定条件の一対比較を行い一対比較行列を作成する。
- ②その行列の固有ベクトルを計算^(注6)し、選定条件の重み係数を決定する
- ③各条件からみた視点候補の重み係数を評価する
- ④視点選定の条件*i*の相対的な重み係数を W_i 、条件*i*における視点*j*の重み係数を X_{ij} とすると、視点*j*の重要度 V_j は、次式で求められる

$$V_j = \sum (W_i \cdot X_{ij}) \quad (1)$$

ただし、 $\sum W_i = 1$ ($i=1, 2, 3, \dots$ 条件の総数)

ii) 評価項目の重要度の決定

- ①評価項目*k*を一対比較し、一対比較行列を作成する
- ②行列の固有ベクトルを計算し、評価項目の重み係数 W_k を求める

iii) 各評価項目における代替案の重要度の決定

- ①評価項目*k*において、代替案*p*の一対比較行列を作成する
- ②行列の固有ベクトルを計算し、各評価項目における代替案の重要度 W_{kp} を決定する

iv) すべての視点からの全評価項目における代替案の総合評価

- ①視点*j*の重要度を V_j 、評価項目*k*における代替案*p*の重要度を W_{kp} とすると、代替案*p*の総合重要度 W_p は、次式で求められる

$$W_p = \sum (V_j \cdot \sum W_{kp}) \quad (2)$$

ただし、 $\sum V_j = 1$ ($j=1, 2, 3, \dots$ 視点の総数)

ところで、AHPでは、一対比較が首尾一貫していることが必要であり、その整合性を判断する指標として整合度 CI (Consistency Index)を用いる。整合度 CI は、最大固有ベクトルを λ_{max} 、項目数を n とすると、

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

で求められる。 CI が0.1以下で整合性のとれた評価値である。

4.2. 選定モデルⅠ

景観計画におけるAHPを用いた代替案選定プロセスを、4レベルの階層構造を持つモデルで示した。この階層構造に従って選定の作業モデルを考える。作業モデルは、景観評価を行う視点の重要度を決定する部分と景観計画案の重要度を決定する部分の二つに

図 2. a 視点選定モデル

図 2. b 代替案選定モデル I

表 2 評価項目（基準）の内容

評価項目（基準）	評価内容
背景（遠景）との調和	環境工場の背景となる山並み、町並み、田園風景などと調和している度合い
ランドマーク	煙突がランドマークとして捉えられる度合い
地域性があるか	地域の特性が外観に反映されている度合い
清掃工場らしくない	一般的な清掃工場らしく見えない度合い
周辺（近景）への配慮	敷地に隣接する地区の景観に調和している度合い
旧施設への対応	隣接する旧施設とデザインが調和している度合い

図 3 ケーススタディにおける階層構造

図 4 評価項目の重要度（幾何平均値）

図 5 代替案の総合評価（幾何平均値）

分けることができる。視点の重要度を決定することは、景観評価にとって前提条件となる作業である。ここでの想定される視点の評価基準は、プロジェクト毎に話し合いで決定されることを想定しているが、距離などの定量的な指標と文化性、景観的価値といった定性的な指標を同時に用いるため、AHPは有効である。また、視点の候補は、かなりの数にのぼることが予想されるため、評価者の主観的判断にのみ基いて、一対比較すると整合性がとれない。この問題を解決するため、絶対評価法（AM法）²⁶⁾を適用する。視点選定モデルを図2. aに示す。

代替案の選定プロセスでは、選定のための評価項目を話し合いのもとに決定するところから始まり、階層構造の決定、評価項目の一対比較、各評価項目から見た代替案の一対比較、代替案の総合重要度の計算、そして各代替案の選好傾向の分析と進む。この代替案選定のための作業モデルを選定モデル I（図2. b）として提案する。この選定モデル I は、評価項目が相互に独立していることを前提条件とした AHP の基本モデルである。なお、選定モデルで用いられる一対比較における重要度の尺度基準は、表 1 に示すとおり、5 段階評価とする。

5. ケーススタディ

5.1. 目的と方法

実際の景観計画における、AHP を用いた選定モデルの有効性と問題点を明らかにするため、熊本市郊外に立地する熊本市東部環境工場（清掃工場）の基本計画をテーマにケーススタディを行っ

た。基本設計段階において、周辺景観との調和を考慮して、計画者グループが複数案から 1 案を選定する場面を想定した。ケーススタディでは、実際に建設されている案に代替 2 案を加え、3 案から 1 案を計画者グループに選定させた。代替案の計画規模（SRC5 階建、延床面積 24000m²、煙突高さ 80m）はすべて同等とし、屋根と煙突先端部の形状を変化させた。大規模施設計画の場合、この屋根と煙突の形状が周辺の景観に影響を与える重要な要素の一つと考えた。計画案 A は切妻屋根案、計画案 B はヴォールト屋根案、計画案 C は屋上緑化案とした（図 3）。計画者グループは、景観計画に携わる建築プロフェッショナルと学生あわせて 10 人が、景観評価システム²⁸⁾を使って代替案を選定した。評価に用いた画像は、実写の背景と CG モデルを合成したものである。画像サイズは、400 × 300 ピクセルとした。なお、このケーススタディでは、図 2. a の視点選定モデルを利用し、施設全体の眺望を確保できる近景・中景・遠景²⁸⁾の代表視点を抽出し、そこからの評価を行った²⁹⁾。

代替案を選定するための評価項目として、計画コンセプトや地域特性を考慮し、計画者グループによって表 2 の 6 項目（背景との調和／ランドマーク／地域性がある／清掃工場らしくない／周辺への配慮／旧施設への対応）がブレインストーミングによって決定された。この評価項目は一般的ではないが、個々の計画には独自の選定基準があると考えられ、計画者グループによる評価項目を採用する必要がある。AHP におけるこの代替案選定の階層構造を図 3 に示す。レベル 1 は、最適案の選定であり、レベル 2 は 6 つの評価項目であり、レベル 3 は、選定される代替案である。一対比較の重

要度の尺度は表1に示すとおり5段階とした。また、計画者グループの値をまとめるために、幾何平均¹⁰⁾を用いた。

5.2. ケーススタディの結果

代替案の総合評価を算定するために、選定モデルⅠを適用した結果を述べる。この計画者グループの代替案選定における評価項目の重要度を図4に示す。「背景（遠景）との調和」が、0.411と高いウェイトを示した。その他の項目は「地域性がある」が若干高いが、ほぼ同程度のウェイトを示した。この結果、この計画者グループは、評価の際に「背景（遠景）との調和」を特に重要視したことがわかる。次に、代替案の総合評価を図5に示す。屋上緑化の計画案Cが0.493と高いウェイトを示し、ヴォールト屋根の計画案Bが0.268、切妻屋根の計画案Aが0.240と同程度のウェイトを示した。結果的に、計画案C>計画案B>計画案Aの順に選定されることになるが、計画案Cと他の2案の差は大きい。選定モデルⅠを適用することで、この評価グループの選定基準の傾向及び各代替案の選好傾向が明らかになった。

5.3. 選定モデルⅠの有効性と問題点

ケーススタディ終了後、参加した評価グループに結果についてヒアリングを行った。選定モデルⅠを代替案選定に適用した場合、従来の選定方法に比べ以下のような利点があげられた。

- ①計画者グループ全体の評価項目の重要度がわかる
 - ②代替案選定の順序だけでなく、各代替案の選好における定性的な評価が把握できる
 - ③一対比較による代替案の評価は、点数による評価に比べ、評価者の判断時の精神的負担を軽減した
- また、以下の問題が指摘された。
- ①評価項目において個人の代替案の評価値にばらつきがある
 - ②評価項目の独立性が保証されない場合の対処ができない
 - ③評価項目の解釈に個人差がある

6. 拡張階層分析法の適用モデル

6.1. 要素間に従属性がある場合

AHP法で代替案の重要度を決定する時は、二つの独立条件を仮定している。一つ目の条件は、同一レベルにある要素は互いに独立していること。二つ目の条件は、異なるレベルにある要素は互いに独立していることである。ところが、グループ内での話し合いにより決定される評価項目は、必ずしも独立性を意識して決定されるものではない。また、評価項目の重要度においても評価者それぞれが、異なるイメージを持って一対比較している可能性も大きい。このような場合、Saatyは、内部従属性及び外部従属性とよぶ拡張AHPを提案している^{文獻12)}。内部従属性は、同一レベルにある要素間において従属性がある場合、その関係性を考慮して各要素の重み係数を修正する。外部従属性は、異なるレベル間の要素間において従属性がある場合、下位レベルの要素に対する上位レベルの要素の重み係数を算定し、上位レベルの要素の重み係数を修正する。

6.2. 選定モデルⅡ

内部従属性では、各評価基準の間及び各代替案の間に従属関係

図6 選定モデルⅡ（内部従属性法の適用）

図7 選定モデルⅢ（外部従属性法の適用）

を包含している。印象評価による代替案の選定には、評価項目が互いに関係をもつ場合が多い。例えば、熊本の場合、阿蘇の山並みが地域にとって重要な景観資源であるため、評価項目の「背景（遠景）との調和」と、「地域性ある」は、互いに関係があると予想される。しかし、この関係を示す客観的な指標が得られない場合、評価者の価値観に頼らざるを得ない。内部従属性はこの評価者の主観による評価項目間の関連の強さを一対比較で算定して当該の従属関係を定量的に内包するモデルである。この内部従属性を応用した代替案選定作業モデルを選定モデルⅡ（図6）とする。評価項目間の関連度を求めるには、まず、ある評価項目に対し他の評価項目が影響している強さの一対比較行列を作成し、その固有ベクトルを求める。各項目について求められた固有ベクトルをまとめた、評価項目間の従属関係行列 M とする。ここで、選定モデルⅠにおける評価項目の重要度を W とすると、真の重要度 W' は、次式によって求められる。

$$W' = M \cdot W \quad (4)$$

こうして求められた真の重要度を用いて代替案の総合評価を求める。代替案の総合評価の算定は、選定モデルⅠに準ずる。

6.3. 選定モデルⅢ

一方、異なるレベル間の要素に関係性がある場合、つまり代替案ごとに評価項目の重みを変えたいような場合は、外部従属性が適用できる。例えば、ケーススタディにおける計画案A及び計画案Bと計画案Cでは、屋根形状の違いと屋上緑化を同時に比較するため、被験者の持つ価値観が大きく異なる可能性がある。このような場合、評価項目の重要性を決定する上で、代替案の存在を考慮する必要がある。この外部従属性を応用した代替案選定プロセスを選定

図8 3つの選定モデルによる評価項目の重みの比較

図9 3つの選定モデルによる総合評価の比較

図10 3つの選定モデルによる評価項目の標準偏差

図11 3つの評価グループによる評価項目の重み

図12 3つの評価グループによる総合評価

モデルⅢ（図7）とする。選定モデルⅢにおける評価項目の重要度の計算は、各代替案ごとの評価項目の重要度および、各評価項目における代替案の重要度を同時に SuperMatrix^{文献12) 注11)} と呼ばれる行列に表す。この行列は、マルコフ連鎖になっているので、この極限確率を計算すると、評価項目の重要度と代替案の重要度が同時に求まる。

6.4. ケーススタディにおける選定モデルの比較

提案した3つの選定モデルを比較するために、前述のケーススタディにおいて、拡張AHPを利用した景観評価システム^{文献10)}を用いて、それぞれのモデルを適用した結果を比較する。既に述べたようにケーススタディに用いられた評価項目は、計画者グループのメンバーがコンセプトを話し合い、想定したものであり、評価項目間で相互に影響を与える可能性がある。また、既知の代替案を評価する場合、評価項目の重要度決定の際に、代替案の影響を受ける可能性も考えられる。ここで、評価項目の重要度に関して次の3つを仮定する。

仮定1) 各評価項目が互いに独立、重要度が一意的に決定

仮定2) 各評価項目が互いに従属、重要度が一意的に決定

仮定3) 各評価項目が互いに独立、重要度が各代替案で異なる
仮定1) では、選定モデルⅠを適用する。仮定2) では、選定モデルⅡを適用し、仮定3) では、選定モデルⅢを適用する。これら3

つの選定モデルを適用し、計算された評価項目の重みを図8に示す。この重みの算定は、10人の評価者の幾何平均をとった。6つの評価項目の重みの順位は、3つのモデルとも大きく変わらないが、「背景（遠景）との調和」に関しては、選定モデルⅠのみ大きな値となった。これは、この項目が他の項目に大きく影響されていることを示している。また、代替案の総合評価は、図9に示すとおり、3つのモデルのいずれも計画案Cの評価が高く、評価値の比率もあまり変わらなかった。つまり、このケーススタディでは、評価項目の重要度が変わっても総合評価にはあまり影響がなかったといえる。

7. グループの評価分析

ケーススタディでは、3つの選定モデルを適用してその結果を比較したが、計画者グループ全体の意見を集約するために、10人の幾何平均値を用いて評価の分析をおこなった。ここでは、個人の評価のばらつきに着目して、3つの選定モデルを比較する。図10は、3つの選定モデルにおける評価項目ごとの評価値の標準偏差を示したものである。明らかに、選定モデルⅡでは、各項目のばらつきが少ないことがわかる。つまり、内部従属法を適用することで、評価項目間の関連性が考慮され、重要度への個人差の影響が減少する。モデルⅠとモデルⅢを比較すると異なる項目でばらつきが大きくなっている。これは、評価項目のもつ言葉のイメージのみ

で、重要度を決定するモデルⅠと具体的な代替案を意識しながら決定をおこなうモデルⅢの違いを示している。「ランドマーク」や「地域性がある」といった項目は、具体的な代替案が与えられることにより評価基準が明確になると考えられる。

評価者の傾向については把握できるであろうか。そこで、モデルⅢの結果を用いて、評価者のクラスター分析（Word法、平方ユークリッド距離）をした結果、大きく3つのグループに分かれた（図11）。グループ1は「背景（遠景）との調和」を重視するタイプ。グループ2は、「周辺（近景）との調和」と「ランドマーク」を重視するタイプ。グループ3は、「背景（遠景）との調和」と「清掃工場らしくない」を重視するタイプである。この3つのグループの評価項目の重要度を用いて総合評価した結果を図12に示す。総合評価では、3つのグループ間で大きな差はみられない。このことから、総合評価としてはまとまってみえるが、メンバーのあいだで、重要視している評価項目が異なっていることがわかる。計画者グループでの意思決定の場面では、結果はもちろん重要だが、その決定過程でどのような指向を持ったメンバーが集まり、どのように結果に反映されたかを明らかにすることは重要である。その意味において、この選定モデルⅢは計画者グループの意思決定において、有効であることがわかる。

8. まとめ

本稿では、景観計画プロセスにおける代替案の選定手法をテーマとして、計画者グループのためのAHP手法を応用した選定モデルを提案した。ここでは、選定条件の違い、すなわち、選定条件が互いに独立していると仮定できる場合、同レベルの選定条件に従属関係がある場合、代替案ごとに選定条件の重要度が異なる場合といった選定条件の違いを考慮し、3つの選定モデルを提案した。さらに、ケーススタディを行うことで、以下のように、この3つのモデルの有効性と特徴の違いが明らかになった。

各モデルに共通する有効性：

- ①代替案の選定順位だけではなく、計画者グループの評価基準に対する傾向や個人による評価値の違いが明らかとなる
- ②評価者は、代替案の選定において評価基準を作成するところから参加するため、決定に対する参加意識が向上する

特徴の違い：

- ①モデルⅠでは、従属性の高い評価項目が含まれる場合は問題がある。一対比較の数が少なく評価者の負担は小さい
- ②モデルⅡでは、評価項目間に従属性があっても整合性に問題はない。一対比較の回数が増え、評価者に負担がかかる
- ③モデルⅢでは、評価項目の重要度を一意的に決定するのではなく、代替案ごとに評価項目の重要度をかえることができるため、より評価者の意思を反映する。一対比較数は増加する

これらの選定モデルは、場合により使い分ける必要がある。評価項目が独立していると考えられる場合、簡便なモデルⅠを適用する。また、評価項目間の関係性を把握した上で評価したい場合は、内部従属法を使うモデルⅡを、代替案のコンセプトが大きく異なり、評価項目の重要度を一律に適用できないときは、モデルⅢを利用する。これらの選定モデルを適用することで、代替案の選定プロセスが透明化され、それにより合意形成の促進が期待できる。今後は、

様々なケーススタディを通して、より複雑な条件下で適用可能な選定モデルとして改良していきたい。また、住民を含めた広範囲の関係者が関与する景観計画においてもこれらのモデルが適用できるよう発展させたい。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、熊本市環境保全局及び、東部環境工場建設担当者の皆様には、貴重なご意見と資料を提供いただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 北尾靖雅, 内井昭蔵, 宗本順三: マスターアーキテクト方式によるニュータウンの協働設計手法の研究—マスターアーキテクトの環境設計プロセスでの調整行為と役割— 計画系論文集 No. 512, p. 183, 1998
- 2) Mitsuo Morozumi, Riken homma, W. Mitchell: The level of communications achieved through network in an international collaborative design project, Proceedings of The 2nd Conference of Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.143-152, 1997
- 3) 中山和美, 佐藤仁人, 澤田敏実: ニューラルネットワークを用いた建物外観色彩選定法の研究, 計画系論文集 No. 510, p. 9, 1998
- 4) 玄 昌澤, 金 文漢: AHPおよびLCC概念を利用した最適案選定システムの開発—設備システムの選定を中心に, 計画系論文集 No. 469, p. 149, 1995
- 5) 有馬隆文, 佐藤誠治, 萩島哲, 坂井猛, 趙世晨, 小林祐司: 3次元CGを用いた景観特性の計量化とそのシステム開発に関する研究, 計画系論文集 No. 523, p. 227, 1999
- 6) 西名大作, 村川三郎: 河川景観評価予測モデルの作成と適用性の検討—コンピュータ画像処理による河川環境評価に関する研究—その2, 計画系論文集 No. 494, p. 61, 1997
- 7) Riken Homma, Kazuhisa Iki, Mitsuo Morozumi: Network-Based Dynamic Evaluation Process For Urban Landscapes, Proceedings of The 3rd Conference of CAADRIA, pp.213-223, 1998
- 8) 利根 薫: ゲーム感覚意思決定法 AHP 入門 日科技連 1986, 第10版 1997
- 9) 本間里見, 位寄和久, 両角光男: AHPによる景観設計案の選定支援システムの開発—ネットワークを利用した景観計画の合意形成に関する研究—日本建築学会第21回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集 pp. 349-354, 1998
- 10) 本間里見, 位寄和久, 両角光男: AHPによる景観設計案の選定支援システムの開発その2—ネットワークを利用した景観計画の合意形成に関する研究—日本建築学会第21回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集 pp. 97-102, 1999
- 11) ケネス・J・アロー 著, 長名寛明 訳: 社会的選択と個人的評価 日本経済新聞社 1977
- 12) Thomas L. Saaty: The Analytic Hierarchy Precess, 2nd Edition, RWS Publications 1996

注釈

注1) ここでの計画者グループとは、複数の計画主体から構成されるグループを指す。本論文では、このグループ内での合意形成の範囲で検討を行う。

注2) T. L. Saatyにより開発された意思決定手法である。
AHPは、数理的意決定法の中でも取り扱いやすい手法の一つであり、従来の意思決定手法に比べて、複雑かつ構造の不明確な問題を構造化することにより整理し、多くの評価項目を取り入れることができる。AHPでは、一対比較により、明確な尺度を持たない要素間の比率を曖昧に答えることを許容するため、意思決定者の負担を軽減することができる。また、この曖昧さを尺度として整合度を算定することによって、意思決定者の判断の整合性を保ちながら評価を進めることができる。そこで、近年、都市計画、景観保全などの分野でAHPによる研究（文献13）～15）参照）が数多く見られるようになった。具体的な手順は、以下に示す3段階からなる。

(1) 第一段階

総合目的に影響を及ぼす評価項目を列挙し、評価の階層構造を構築する。階層の最上層は、総合目的であるが、それ以下のレベルでは複数の評価項目に分解する。最下層は、直上の評価項目に関するデータのランク値で構成される。

(2) 第二段階

各レベルを構成する評価項目の重み付けを行う。具体的には、一対比較法を用いて上位の評価項目に対する重要度を評価する。この一対比較に用いられる重要度の評価値の定義は表1に示すとおりである。得られた各レベルの一対比較行列から、各レベルの評価項目間の相対重要度を計算する。計算方法は、一対比較行列の最大固有値に対する正規化した固有ベクトルが各評価項目間の相対重要度となる。なお、一対比較において意思決定者の答えは完全な整合性を持つことは不可能であり、この曖昧さを評価する尺度として、整合度 (C. I.) が定義されている。

(3) 第三段階

各レベルの評価項目間の相対重要度から総合評価値を算出する。これにより、総合目的に対する代替案の順位を決定する。

注3) 某火力発電所計画において、計画主体である電力会社の計画者グループが、基本設計の段階で外装の色彩設計案を決定する際に行ったアンケートをもとに、代替案選定過程をレビューした。

注4) 熊本市東部環境工場をもとに仮想の代替案を作成した。

注5) AHPの階層構造において、各層をレベルと呼ぶ。

注6) 一対比較行列の固有ベクトルが、各要素の重みとなる。この固有ベクトルの計算は、利根薫のBASICプログラム（文献11参照）を参考にEXCELで稼働するプログラムを作成した。

注7) 絶対評価法は、Saatyが提案したAbsolute Measurement Approachである。AM法とも呼ぶ。オリジナルのAHP法では、各評価基準に関する各代替案の評価を各代替案の一対比較で行うが、AM法では、一対比較ではなく絶対評価尺度を媒介にして、間接的に比較を行う。このAM法の利点として、以下の項目が挙げられる。①代替案が追加されたとき、再度代替案の一対比較をする必要がない。②代替案が追加されたとき、代替案の順序が逆転することがない。③代替案の数が増えても評価者の負担は増えない。本研究では、視点を絞り込む際に、視点場の種類により5段階、視点場の施設利用者数により3段階、対象までの距離により3段階で評点をつけ、AM法により選定視点の重要度を決定した。

注8) ケーススタディでは、視点から対象までの距離が0～0.5kmを近景、0.5kmから1.5kmまでを中景、それ以上離れているところを遠景として扱った。

注9) 自然景観豊かな地域における景観設計では、予め重要な視点が設定されることが多いが、このケーススタディの場合、都市の郊外の特に観光名所となる場所がない地域に立地する施設であり、絶対条件として評価が必要な視pointsの想定はなかった。ケーススタディでは、半径約5km以内の視点となりうる場所について、公共性、利用者数、評価対象からの距離を評価基準として、

40視点候補から8視点に絞り込んだ。この結果を計画者グループで検討し、妥当なものとして判断した。このためケーススタディでの視点選定はこのモデルを適用した。

注10) 幾何平均：

k 個の数値 $a_1, a_2, \dots, a_n$ の幾何平均は数値の積の k 乗根で求められる。

$$(a_1 a_2 \dots a_n)^{1/k} \quad (5)$$

AHPをグループの意思決定に適用する場合、基本的には話し合いにより各評価項目間の一対比較の評点を決定すべきであるが、メンバーの考え方の違いにより傾向が異なる場合がある。このような場合にグループとして1つの評点を数学的にまとめる方法として一対比較行列の各要素をメンバーの評点の幾何平均を用いる。この幾何平均は行列の対角要素（逆数）は、メンバーの評点の逆数の幾何平均に等しいためこの行列はAHPの計算が可能である。本論文では、メンバーの評価値を用いてクラスター分析を行い3つのグループを設定した。その後、グループ内の評価値を幾何平均してグループの代表値とした。

注11) SuperMatrixとは、AHPにおける階層構造の異なるレベル間に従属性がある場合にそれらの関係を同時に表現する行列である。SuperMatrixは、外部従属のAHPの計算の際に用いられ、評価基準の各要素と代替案の各要素の関係を1つの行列で表現する。この行列は、マルコフ連鎖になっており、その極限確率を求めることで、各要素が一定の値（重み）に収束する。

(1999年11月10日原稿受理, 2000年7月17日採用決定)