【論文】

AHP(階層分析法)を用いた管理草地の多角的評価手法 — 阿蘇地域の草地景観保全に関する研究 —

本間里見, 位寄和久, 両角光男, 半田欣大

A Technique of Multiple Evaluation using AHP for Grass Landscape : Study on preserving landscape in Aso region

Riken HOMMA, Kazuhisa IKI, Mitsuo MOROZUMI and Yoshihiro HANDA

Abstract: In the past research, authors have prepared the map of a preserve area of grassland from the point of landscape evaluation mainly. However, grassland has been managed and maintained by the grassland association of stockbreeding farmers in Aso region for a long time. It is also important to investigate the possibility of existence of the association for preserving grass landscape. In this paper authors propose the method to extract a preserve area in terms of multi-standard evaluation using AHP, and illustrate an integrate map of preserve area along the main roads in this area by using GIS.

Keywords: 草地景観 (Grass landscape) 階層分析法 (AHP) オーバーレイ (Overlay)
景観評価 (Landscape evaluation)

1. はじめに

阿蘇地域は、中岳の噴火口をはじめとした火山地形や放牧のために人為的に維持されている広大な草原など独特の景観資源を保有している。現在、阿蘇管内には約46,000haの原野があり、そのうち約20,000haが採草及び放牧地として利用されている。しかし、近年、高齢化・過疎化の進行、若者の都市部への流出による後継者不足、さらに平成3年の牛肉の輸入自由化による畜産農家の減少によって、野焼きや輪地切り（防火帯づくり）といった草地の維持管理をしている入会集団（牧野組合）は存続の危機にあり、草地の維持ができなくなりつつある。そのため、観光においても親しまれている草地景観の変容が懸念されている。

既往研究においては、「阿蘇の草地景観は、観光資源として価値があり、阿蘇地域の個性を演出するの

に重要である」という認識に立ち、草地景観を対象とした研究が行われてきた。藤本ほか（1996）は、選定ルートにおける沿道景観を視線方向の断面形状によりタイプ化した。尹ほか（1998）は、阿蘇地域におけるすべての野草地を対象とし、展望所と主要道路から見た「可視頻度」と「近接距離」を評価基準として草地の重要度を評価している。上記の研究は、物理的な評価基準により、景観上重要な草地保全エリアを抽出したものである。また、森崎ほか（1998）は、沿道景観タイプの選好性及び影響因子の関連性を心理評価実験を用いて明らかにしている。観光資源として草地景観を評価する場合、この心理的基準についても考慮する必要がある。

一方、早急に保全すべき草地を分級する上で、牧野組合の状態を考慮した草地の維持管理面からの評価は重要であると考えられるが、既往の研究では、これらの社会的な評価基準は含まれていない。

本報では、牧野組合に着目し、牧野組合の現況から草地の維持管理困難度を評価し、主要沿道からの景観評価と組み合わせた多角的評価手法の提案を目

本間：〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2-39-1
熊本大学工学部環境システム工学科
Dept. of Architecture and Civil Eng.
Kumamoto University
2-39-1, Kurokami, Kumamoto, 860-8555 Japan
Tel/Fax:096-342-3590
E-mail:homma@arch.kumamoto-u.ac.jp

図1 研究対象ルート・町村（阿蘇郡）

的とする。評価の手法として Alias ほか（1994a, 1994b）が提案したAHP（Analytic Hierarchy Process, 階層分析法）とGISを統合した土地利用分級手法を応用して、評価基準の相対的ウェイトを変化させることにより、草地分級のシミュレーションをおこなった。なお、AHPはSaaty（1980）が開発した意思決定手法である。

2. 研究の方法

2.1. 研究の流れ

研究対象地域を、対象選定ルート約40km区間（やまなみハイウェイ、ミルクロード）を含む、阿蘇町、一の宮町、南小国町、産山村と設定した（図1）。この対象地域には、26の牧野組合が含まれている（平成7年度調べ）。この牧野組合の管理草地単位で景観に着目した評価及び、組合の管理に着目した評価を総合して管理草地の分級シミュレーションをおこなった。一次データを基にGISにより各指標による地図を作成し、それらを統合することにより草地を分級した。統合にはAHPを適用し、各指標の相対的ウェイトを変化させることで、保全すべき管理草地を抽出した。以下の手順で作業を進めた。

- ① 50mメッシュ標高値地図、1/25000地形図、牧野組合の草地地図等から一次データを作成する。
- ② 対象沿道の景観タイプの選好順位による選好度と

景観タイプ出現率より、好まれる景観タイプを有する組合管理草地の分級地図を作成する。

- ③ 沿道から阿蘇谷と阿蘇五岳への可視頻度及び、草地の可視領域による分級地図を作成する。
- ④ GISを利用して②、③の分級結果を重ねあわせ、景観面からの保全すべき草地を抽出する。
- ⑤ 維持管理面の指標を考慮して重み付けを行い、草地の維持管理継続が困難な地域を抽出する。
- ⑥ 上記の分級結果を統合し、管理面と景観面のウェイトを変化させ、抽出される草地景観保全地域のシミュレーションをおこなう。
- ⑦ GISによりシミュレーション結果を3次元地形上に表示し、保全エリアを立体的に把握する。

2.2. 一次データの作成

GISで景観面及び管理面に関する属性データを加えた統合地図を作成する際の一次データとして、以下の地図を作成した。

① 阿蘇郡管内地形モデル

阿蘇郡全体の地形モデルを作成するために、国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ（標高）」データをARC/INFOのデータ形式に変換した。

② 主要道路データ・町村境界データ

地形図（1/25000）をスキャナーで取り込み、ラスター画像を汎用CADにより手作業でベクトル化した。町村境界線、国道・県道・主要な観光ルートとしてミルクロードを2次元CADデータとしてプロットし、DXFファイルによりARC/INFOに取り込んだ。

③ 牧野組合管理草地データ

調査対象である4町村が作成した牧野組合境界地図（1/10000）から②と同じ方法で作成した。

以上の一次データは、ともにUTM座標系である。

また、牧野組合に関する統計情報は、平成7年度熊本県調査資料及び組合長へのアンケート調査（平成9年度熊本大学調べ）に基づいている。

3. 景観面からみた草地の重要度

3.1. 主要沿道における景観タイプの選好度(指標1)

藤本ほか(1996)が行った断面形状による6つの沿道景観タイプは、道路上の高さ110cmの視点と地形の断面形状に基づき分類されている。Aは水平な地形がなだらかに続く景観、Bは視点場の近くに1m程度山がある景観、Cは近・中景に大きな谷がある景観、C1は近景から緩やかに下る景観、Dは中景に山がある景観、Eは近景から山がある景観である。この景観タイプの選好度と沿道における景観タイプの出現率より、好まれている草地を分級し、沿道景観タイプの選好性を考慮した管理草地の重要度分級を行った。沿道景観タイプの選好順位及びウェイトは、森崎ほか(1998)の写真を使った心理実験を基にした。この心理実験では、51名の被験者に景観タイプに分類された沿道草地の写真を提示し、①見通し、②緑、③変化、④開放感の4つの評価基準からAHP法によりそれぞれの選好度を算定した(表1)。

表1 景観タイプと選好度

景観タイプ j	A	B	C	C1	D	E
選好度 p_j	0.138	0.177	0.172	0.227	0.170	0.115

次に、対象ルートに接する(道路から1700m前後に分布)牧野組合に関して、沿道景観タイプの出現率と各タイプの選好度より、以下の算定方法で景観タイプ選好度(指標1)を求めた。

牧野組合 i における景観タイプ j の出現率を A_{ij} 、景観タイプ j の選好度を p_j とすると、牧野組合 i の総合選好度を P_i は、式(1)により算定した。ただし、景観タイプ j 及び選好度 p_j は表1による。

$$P_i = \sum A_{ij} \cdot p_j \quad (1)$$

牧野組合の総合選好度により、対象地域の26牧野組合について、5段階で分級した。この分級地図をMAP1:景観タイプ選好分級図とした。

3.2. 阿蘇独特の景観資源への可視頻度分析(指標2)

広大なカルデラと中央の噴火口が阿蘇地域の特徴的な地形を形作っているが、このカルデラを囲む外輪山に対象草地が広がっており、主要道路は外輪山

沿いを通過している。好まれる沿道景観として、草地からカルデラの底にあたる阿蘇谷と火口がある阿蘇五岳への眺望があげられている。沿道からこの阿蘇谷と阿蘇五岳への可視頻度分布を算定し、景観資源の視点場として見通しの利く草地を抽出した。阿蘇谷に2000m間隔で視対象を設定し、沿道からこの視対象への可視頻度をArcInfoのVisibilityコマンドを使用して計算した。さらに、各牧野組合の区間での可視頻度とその区間長との積をもとに牧野管理草地を5段階に分級した。この分級地図をMAP2:景観資源への可視頻度分級図とした。

3.3. 主要道路からの草地の可視領域(指標3)

主要道路からの視対象となる草地の分布を把握するため、道路全区間からの可視領域を計算した。視点は、250m間隔及び各ノードに設定し、路面から110cmの高さとした。この可視領域の管理草地における面積の割合をもとに、5段階に分級した。この分級地図をMAP3:沿道可視草地分級図とした。

3.4. 景観面からみた沿道草地重要度分級

景観面から組合管理草地を評価する指標として、3つの指標を基にそれぞれMAP1、MAP2、MAP3としてまとめた。総合的に景観面から草地の重要度評価をするためには、これらの3つの地図をオーバーレイする必要がある。ところで、MAP2とMAP3は、地形から得られた結果であり変化しないが、MAP1は心理実験に基づいて算定された選好度を使っており、変化することも考えられる。そこで、オーバーレイの際、各MAPにウェイトを与え、その値を変化させることで、各評価指標に対する重要草地の分級のシミュレーションをおこなった。それぞれの地図のウェイトは一対比較によって決定する。3つの指標を5段階で一対比較し、一対比較行列にまとめた。この行列の固有ベクトルは、各要素のウェイトを表す。ここで、MAP1、MAP2、MAP3のウェイトをそれぞれ $W1$ 、 $W2$ 、 $W3$ として、計算した。表2、表3は、景観タイプの選好度が重要だと仮定した場合と眺望性が重要だと仮定した場合の一対比較行列と各地図の重要度をそれぞれ示す。なお、ここでの一対比

表2 景観指標の重要度（選好度を重視）

	MAP1	MAP2	MAP3	
MAP1	1	5	3	$W1 = 0.6483$
MAP2	1/5	1	1/2	$W2 = 0.1220$
MAP3	1/3	2	1	$W3 = 0.2297$

表3 景観指標の重要度（眺望性を重視）

	MAP1	MAP2	MAP3	
MAP1	1	1/2	1/3	$W1 = 0.1634$
MAP2	2	1	1/2	$W2 = 0.2970$
MAP3	3	2	1	$W3 = 0.5396$

較は筆者によるものである。この算定ウェイトを用いて、MAP1からMAP3を重ねあわせ、景観重要度指数を K_i を式(2)で算出した。ここで、牧野組合*i*における景観タイプ選好度を P_i 、景観資源への可視頻度を Q_i 、沿道可視頻度を R_i とすと、

$$K_i = W1 \cdot P_i + W2 \cdot Q_i + W3 \cdot R_i \quad (2)$$

ただし、 $W1+W2+W3 = 1$ である。

この結果から牧野組合管理草地の景観重要度を分級し、MAP9とした（図2、図3）。

4. 維持管理面からみた草地の重要度分級

牧野組合の維持管理面からみた継続困難度を抽出するために以下の5指標を設定し、対象牧野組合を分級した。これらの指標は、草地景観喪失の要因として考えられる。

指標4：牧野管理困難度（入会権者の高齢率）

指標5：野焼き負担度（一人当たりの野草地面積）

指標6：牧野維持困難度（無畜農家率）

指標7：輪地切り負担度（一人当たりの輪地切り面積）

指標8：草地利用低下度（非放牧面積率）

この5指標を考慮して、牧野組合の管理面における継続困難度指数を算出する際、各指標の尺度と数値の変動範囲が異なるため、多基準評価法（MCE: Multi-Criteria Evaluation）を採用した。牧野組合*i*における指標*j*に対する測定値を X_{ij} 、指標*j*における最大値を $\max X_j$ 、最小値を $\min X_j$ とすると、標準化され

表4 5指標の重要度（一対比較行列）

	指標4	指標5	指標6	指標7	指標8	重要度
指標4	1	4	1/6	3	1/5	0.109
指標5	1/4	1	1/7	1/2	1/6	0.040
指標6	6	7	1	6	2	0.447
指標7	1/3	2	1/6	1	1/5	0.059
指標8	5	6	1	5	1	0.345
C.I.（整合度） =						0.100

た測定値 S_{ij} は、式(3)により算出した。

$$S_{ij} = (X_{ij} - \min X_j) / (\max X_j - \min X_j) \quad (3)$$

また、各指標は、牧野組合の維持管理面において、それぞれ異なる重要性を持っているため、各指標の重み付けが必要である。指標*j*の相対的な重要度 W_j を一対比較法により算出した（表4）。なお、評価は阿蘇をフィールドとした牧草と畜産に関する専門知識を有する岡本智伸氏に依頼した。

牧野組合*i*における牧野組合の維持管理困難度指数 L_i は、式(4)より算出した。ここで、指標*j*のウェイトを W_j と表す。

$$L_i = \sum W_j \cdot S_{ij} \quad (4)$$

ただし、 $\sum W_j = 1$ とする。

なお、C.I.は、行列の整合度を示し、Saaty(1980)は、経験則から0.1以下で有効な値としている。

牧野組合の維持管理困難度指数より、対象地域4町村における26組合を5段階で分級し、MAP10としてまとめた（図4）。

5. AHPによる多角的評価

5.1. 分析の流れ

各牧野組合が管理している草地を景観面からの評価と草地の維持管理面から多角的に評価するために、本研究ではAHPを適用した。AHPは、多角的側面からの検討が必要な意思決定問題に対し、定性的な判断を定量化し、多数の代替案を総合的に評価する合理的な意思決定手法である。AHPでは、まず、問題の要素を3つのレベル、すなわち i) 総合評価、ii) 評価基準、iii) 代替案、の関係で捉えて階層構造をつく

る。そして、評価基準のウェイトを決定し、次に各評価基準から見た代替案のウェイトを評価する。最後にこれらのウェイトを掛け合わせ、総合評価に換算する。本研究では、階層構造を以下のように4つのレベルで設定し、各指標ごとに地図を作成した。これらの地図をGISにより統合した。

レベルi

(MAP11) 重要度総合指数： G_i

レベルii

(MAP 9) 景観重要度指数： K_i

(MAP10) 維持管理困難度指数： L_i

レベルiii 景観総合評価を以下の3指標とした。

(MAP 1) 景観タイプ選好度： P_i

(MAP 2) 景観資源への可視頻度： Q_i

(MAP 3) 沿道可視草地： R_i

また、維持管理評価を以下の5指標とした。

(MAP 4) 牧野管理困難度： T_i

(MAP 5) 野焼負担度： U_i

(MAP 6) 牧野維持困難度： V_i

(MAP 7) 輪地切り負担度： Y_i

(MAP 8) 草地利用低下度： Z_i

レベルiv 26牧野組合： i

上記の評価基準相互の相対的ウェイトを変化させることで、草地保全エリア分級の多角的なシミュレーションが可能となる。図5は、評価構造（地図と重要度）をまとめたものである。レベルiiの各指標のウェイトは、これまで述べてきたようにレベルiiiの各指標の一对比較法によって決定する。

最終的にレベルiの重要度総合指数は、レベルiiの各指標のウェイトで決定する。ここで、レベルiiにおける景観重要度指数： K_i 、維持管理困難度指数： L_i 、維持管理困難度のウェイト： a とすると、管理草地の総合評価を重要度総合指数： G_i は、(5)式で求められる。

$$G_i = (1 - a) \cdot K_i + a \cdot L_i \quad (5)$$

この指数は、0から1の範囲をとるが、数値が大きいほど、総合的に重要度の高い草地を有した牧野組合を意味する。

5. 2. 多角的評価シミュレーション

レベルiiにおける維持管理困難度のウェイト： a を0.1から0.9まで5段階に変化させシミュレーションを行った。つまり、景観面を重視した場合から維持管理面を重視した場合へと徐々に評価基準のウェイトを変化させた。表5は、景観重要度指数と維持管理困難のバランスを変化させた時の対象26牧野組合の総合評価値の変化を示したものである。評価値の高い上位5つの値に注目すると、「立山」「湯浦」「車帰」「狩尾」「阿蘇町西」は、常に評価値が高く、景観面で重要であり、かつ、維持管理困難度も高い。早急に対策を施さなければならない組合だということがわかる。一方、「宮坂」「山田東部」「西小園牧」といった組合は、景観の面では、重要な草地だが、組合はまだ維持管理を行う力があることを示している。このシミュレーションの結果を重要度総合分級図としてMAP11とした。

また、牧野組合の地理的位置関係を把握するためにGISにより3次元表示した（図6）。この分級図は、標高値50mメッシュデータをラスター型のグリッドデータに変換し、重要度分級カバレッジをオーバーレイすることにより作成した。重要度数が大きいほど、保全すべき重要な牧野組合であることを示している。

6. まとめ

本研究では、物理的基準である景観重要度及び、社会的基準である牧野組合の維持管理困難度の双方を考慮した草地の重要度分級により、阿蘇の草地保全地域を抽出する手法を提案した。AHPを用いることで、定性的な多基準評価が可能となった。また、各基準の相対的ウェイトを変化させることで、多角的な分級シミュレーションを可能とした。問題の捉え方によって重要視する指標の違いや変化に柔軟に対応することが、意思決定の支援となるであろう。

今後は、経年変化やさらに多様な指標を扱えるシステムを構築し、様々な関係者の意見を反映した草地景観保全計画の策定を支援したい。

表 5 総合評価値の変化と平均

No.	組合名	a=0.9	a=0.7	a=0.5	a=0.3	a=0.1	平均値
1	扇	0.434	0.507	0.456	0.414	0.377	0.438
2	山鳥川	0.282	0.356	0.346	0.338	0.331	0.331
3	田尻中央	0.107	0.099	0.065	0.036	0.012	0.064
4	中萩の草	0.236	0.266	0.231	0.200	0.174	0.222
5	下田尻	0.006	0.029	0.048	0.063	0.076	0.044
6	南田尻	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	立山	0.765	1.000	1.000	1.000	1.000	0.953
8	宮坂	0.284	0.384	0.395	0.404	0.411	0.375
9	井手	0.143	0.206	0.222	0.235	0.247	0.211
10	木落	0.286	0.344	0.319	0.297	0.279	0.305
11	山田東部	0.342	0.434	0.423	0.414	0.407	0.404
12	山田東部	0.188	0.292	0.331	0.363	0.391	0.313
13	山田中部	0.033	0.151	0.242	0.318	0.384	0.226
14	山田西部	0.348	0.416	0.384	0.357	0.334	0.368
15	新宮	0.204	0.310	0.346	0.377	0.403	0.328
16	湯浦	1.000	0.999	0.743	0.526	0.341	0.722
17	阿蘇町西	0.569	0.604	0.488	0.389	0.305	0.471
18	西小園	0.260	0.367	0.390	0.409	0.425	0.370
19	小里	0.089	0.105	0.096	0.089	0.082	0.092
20	二三五区	0.049	0.078	0.089	0.099	0.107	0.084
21	三久保	0.067	0.118	0.143	0.165	0.184	0.135
22	狩尾牧場	0.468	0.464	0.341	0.238	0.148	0.332
23	狩尾	0.309	0.495	0.571	0.690	0.690	0.540
24	跡ヶ瀬	0.166	0.224	0.230	0.235	0.239	0.219
25	的ヶ端辺	0.364	0.450	0.429	0.412	0.396	0.410
26	車帰	0.811	0.840	0.658	0.503	0.371	0.637

謝辞

本研究の遂行にあたり、阿蘇町役場、一の宮町役場、南小国町役場、産山村役場からは、貴重なご意見と様々な資料を提供して頂きました。52の牧野組合の組合長には、詳細なアンケートに協力して頂きました。また、岡本智伸先生（九州東海大学）には、草地や畜産学に関して専門的なご意見と助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

尹紅ほか（1998）阿蘇地域の景観保全のための草地重要度分級に関する研究，「GIS－理論と応用」 **6** (1), 11-18.

藤本美由紀・松本 仁（1996）阿蘇地域の草地景観保全に関する研究，「日本建築学会学術講演梗概集（近

畿）」，F-1, 685-686.

森崎貴裕ほか（1998）沿道景観における草地景観の選好性，「日本建築学会研究報告・九州支部」 **37** (3), 221-224.

熊本県（1996），『阿蘇におけるあか牛活性化調査報告書』

Alias Abdulah et al. (1994a) The application of multicriteria analysis and GIS: A case study of recreational zoning in southern Aso National Park. *Theory and Application of GIS*, **2**, 141-150.

Alias Abdulah et al. (1994b) An integrated approach of AHP and GIS applications to analyze and develop recreational zoning, *Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering*, **463**, 213-222.

Saaty Thomas L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill.