

森林管理計画のための機能区分の手法に関する研究

- AHP（階層分析法）による意思決定支援の検討-

名古屋大学大学院 生命農学研究科

修士課程2年 ○ ^{たかねざわ}高根沢 ^{ひろえ}寛枝

要旨

近年、管理不十分な森林が増加する中、適切な管理のために、明確な区分に基づいた目標林分の設定と空間配置を行い、多様な機能・構造を有する森林へと導くことが必要です。そこで、本研究では森林区分を管理計画のためのものと位置付け、所有者にとって分かりやすく簡易に行えることを前提とします。また、対象スケールは小流域で、生態系を考慮し、かつAHP（階層分析法）を用いて利害関係者の意見を反映した区分を行います。

1 はじめに

近年、林業採算性の悪化、森林基盤整備・機械化の遅れ、林業就業者の減少・高齢化、木材生産業の国際競争力の弱さ等の日本の林業事情の悪化に伴い、管理が放棄されたり、不十分である森林が増加しています。一方、1992年の地球サミットでは「持続可能な森林管理」という概念が提唱され、国民の関心や期待は公益的機能を中心に多様化・高度化しています。そこで、明確な森林区分と空間配置に基づき、多様な機能・構造を有する森林へと導くことが必要です。

しかしながら、これまでの区分にはいくつかの問題点が指摘されています。例として、区分する意義が明確でない、生態系が十分に考慮されていない、全国から局地的スケールにいたるまでの対応がなされていない、諸機能への要望が所有者にとって制約となることが多い、という点が挙げられます。

そこで、本研究では、区分を管理計画のためのものと位置付け、所有者にとって分かりやすく簡易に行える区分手法を提案することを目的にします。特に、これまで生態系を考慮した区分例や小規模なスケールに対応したの研究事例が少ないことから、小流域スケールを対象として、その評価項目や基準を整理します。さらに、評価された機能が利用する際に制約とならないためにも、所有者を含めた利害関係者の意見が反映できるように、AHP（階層分析法）を用いた手法を検討します。

2 手法

小流域を対象に、潜在的機能評価によるハードゾーニングとこれ以外の部分を利用目的に応じて決定するソフトゾーニングの2つに分けて区分を行います。

(1) 空間スケールと取り上げた機能

生態系として機能する森林は、数百～数千haの集水域を最低空間スケールに成立する（鈴木・池田、2002）と言われていることから、本研究では、この程度の空間スケールを対象としました。そして、このような小流域で評価が必要と考えられる機能を、日本学術会議において挙げられた森林の多面的機能の中から選び出しました。生物多様性機能、土砂災害防止／土壌保全機能、保健・レクリエーション機能、文化機能、物質生産機能の5項目としました。

(2) ハードゾーニング

ハードゾーニングは、森林の地理的特性を考慮し、その機能が最低限保証されなければならない区域と定義し、生態系保護区域と災害防止区域の2種類を設定します。ハードゾーニングは、社会情勢や社会的ニーズによって左右されるべきではない区分と言えます。

A.生態系保護区域

遺伝子保全、生物種保全、生態系保全等の生物多様性保全機能の発揮が期待される区域と定義します。この区域は、自然生態系そのものの構造やその遺伝的多様性維持のため、人為を加えず自然そのものの遷移のままに任せます。

区域の設定は、水辺林、天然林、稀少植物の分布域とします。用いたデータは、自然環境情報 GIS CD-ROM、数値地図 50m メッシュ (標高) CD-ROM 版、航空写真です。自然環境情報 GIS は、環境省自然環境局生物多様性センターが実施した自然環境保全基礎調査の結果で、この情報が GIS で利用できる形式で CD-ROM として配布されています。この情報の中の「特定植物群落調査*1」および「巨樹・巨木林*2」のポイントデータに樹高幅バッファを加えて稀少植物の分布域としました。バッファの幅を樹高と同じ値にした理由は、林縁効果は樹高の長さ程度である (川那辺ら、1994) という報告があるためです。数値地図 50m メッシュ (標高) は、国土地理院が配布している 50m グリッドの DEM データで、GIS の地形解析機能により、傾斜、斜面方位、集水域などを地図上に表現できます。ここでは、地形解析機能で水系を抽出し、さらに稀少植物の場合と同様に樹高幅バッファを発生させて水辺林としました。この水辺林の範囲と航空写真を重ね合わせて、実際の水辺林とほぼ一致していることを確認しました。また、航空写真から、樹冠の色や粗さを目視で判別し天然林の分布を特定しました。

*1 特定植物群落の選定基準

- 原生林もしくはそれに近い自然林
- 国内若干地域に分布するが、極めて稀な植物群落または個体群
- 比較的普通に見られるものであっても、南限、北限、隔離分布等分布限界になる産地に見られる植物群落または個体群
- 砂丘、断崖地、塩沼地、湖沼、河川、湿地、高山、石灰岩地等の特殊な立地に特有な植物群落または個体群で、その群落の特徴が典型的なもの
- 郷土景観を代表する植物群落で、特にその群落の特徴が典型的なもの
- 過去において人工的に植栽されたことが明らかな森林であっても、長期にわたって伐採等の手が入っていないもの
- 乱獲その他の人為の影響によって、当該都道府県内で極端に少なくなるおそれのある植物群落または個体群
- その他学術上重要な植物群落または個体群 (種の多様性の高い群落、貴重種の生息地となっている群落等)

*2 巨樹・巨木林の調査対象

- 原則として、地上から 1.3m の高さでの幹周りが 3m 以上の木
- 幹周り 3m 以上に育ちにくい樹種 (ツバキ、マユミなど) については、3m 未満でも調査対象とした

B.災害防止区域

自然現象による土砂流出等の山地災害の発生、山地の荒廃化を防止し、土地を保全する機能の発揮

が期待される区域と定義します。この区域は、適切な間伐を行い、下層植物を繁茂させる等の管理が必要とされます。この区域の設定は、洪水防止機能と山地災害防止機能の評価を行い、洪水と山地災害の危険度が高い部分とします。

用いたデータは、数値地図 50m メッシュ (標高) CD-ROM 版、土地分類調査の GIS データ、最深積雪量です。土地分類調査は国土交通省土地・水資源局国土調査課が縮尺 50 万分の 1 土地分類図を数値化して全国土地分類図としたもので、表層地質図と土壌図、地形分類図のデータがあり、ここでは、表層地質図を用います。

洪水防止機能と山地災害防止機能の評価項目および基準は、林野庁の 5 機能区分の評価基準表をもとに、小流域で評価が必要であると考えられる評価項目のみを取り上げました。よって、洪水防止機能は傾斜と積雪等、山地災害防止機能は表層地質と傾斜です。また、3 段階評価としてあるところを、本研究では、管理の際に最低限配慮が必要と考えられる危険度が最も高い A クラスのみを取り上げました。

(3) ソフトゾーニング

ソフトゾーニングは、ハードゾーニング以外の部分の区分で、利用目的に応じて木材生産林、森林レクリエーション利用林、環境保全林の 3 種類のうちいずれかを選択することとします。そして、この選択は、意思決定手法の一つである AHP (階層分析法) を用いて、利害関係者にアンケート調査を行って決定します。

まず、利用目的に応じた森林を次のように定義しました。木材生産林は、適切な間伐や枝打ちを行い、利用価値の高い森林を育成することとし、森林レクリエーション利用林は、森林のある自然景勝地でレク活動を行うこととし (主に森林探勝型のレク活動)、環境保全林は、生態系保護区域には該当しない二次的自然に人手を加えて維持、保全、修復、再生を行うこととします。

AHP (階層分析法) とは、1971 年にアメリカで提唱された意思決定法で、幾つかの代替案の中から最良のものを選択するための手法です。この特徴は、直感や経験などの人間のあいまいな主観を取り入れることができ、問題 (代替案決定) を階層化して考えて合理的な決定を促す点にあります。評価は、代替案とその評価基準をそれぞれ一対比較することで行います。

ここでは、ソフトゾーニングの利用目的の決定が目標となり、代替案は「木材生産林」、「森林レクリエーション利用林」、「環境保全林」で、評価基準は「経済」、「景観」、「教育・文化」、「自然」となります。評価基準の定義は、経済は利用することによって得られる経済的効果や利益 (採算性)、景観は地形を含めた森林 (自然) の風景、パノラマ的展望、教育・文化は研究機関による利用や環境教育の場、伝統的文化の継承、自然は森林そのものや森林内に生息する野生動植物とします。そして、評価基準と代替案の重要度を表 3 のように記号で表すと、総合重要度の式は以下のようになり、 $M \cdot R \cdot K$ のうち最も値が大きいものを採用します。

$$\text{木材生産の総合重要度 } M = w_1 m_1 + w_2 m_2 + w_3 m_3 + w_4 m_4$$

$$\text{森林レクの総合重要度 } R = w_1 r_1 + w_2 r_2 + w_3 r_3 + w_4 r_4$$

$$\text{環境保全の総合重要度 } K = w_1 k_1 + w_2 k_2 + w_3 k_3 + w_4 k_4$$

さらに、感度分析を行い、評価基準の重要度がどれだけ代替案決定に影響しているのかを見ます。例えば、今後、利害関係者の意見が現時点よりも経済重視になった場合、総合重要度つまり代替案決定がどのように変化するか見当をつけることができます。このようなことは、合意形成を図る際や将

来を見据えた森林管理計画を立てる際などに有効であると考えられます。

3 適用例

このような手法を御岳自然休養林に適用しました。ソフトゾーニングの利用目的決定のアンケートは、飛騨森林管理署（5名）と中部森林管理局（6名）の職員の方々にご協力頂きました。ただし、アンケート回答の前提として対象とする範囲を、飛騨森林管理署の方に対しては御岳自然休養林の胡桃島地区、中部森林管理局の方に対しては御岳山北西部とし、スケールの違いの影響を考察しました。

(1) 対象地概要

御岳自然休養林は中部山岳地域の御岳山北西部（北緯 $35^{\circ} 30'$ 東経 $137^{\circ} 28'$ ）に位置します。対象地は、3km 四方の900haとし、標高は約1500～2000mの亜高山帯に属します。斜面下部には、ヒノキ、カラマツの人工林が、上部にはオオシラビソ、シラビソ、コメツガ、トウヒなどの亜高山帯性針葉樹と落葉広葉樹のダケカンバが混じる天然林となっています。この地域は、林野庁の3機能区分において、森林と人との共生林（森林空間利用林）に機能類型区分されており、自然環境の維持・保全を最優先しつつ、国民の福祉の増進、森林・林業の活性化、地域振興に寄与することを目的に管理経営が行われています。

(2) 各区分結果とアンケート調査結果

生態系保護区域は、図11のようになり、水辺林を保護することで天然林や稀少植物群落等をつなぎ、コリドーとして役割を果たすこと可能性が考えられます。災害防止区域は図12で、図11と重ね合わせたものが図13のハードゾーニングの結果です。また、アンケート調査の結果から、ソフトゾーニングの利用目的が環境保全林（図4、5）となったため、対象地の区分は図14のようになりました。

アンケート調査の詳細な結果は図1～5の通りです。飛騨森林管理署と中部森林管理局は、アンケートで対象とする範囲が異なるため、分けて算出しています。総合重要度は、どちらも環境保全林が高い結果となりましたが、その評価基準の割合が異なります。特に、飛騨が教育・文化の割合が大きく景観が小さいのに対して、中部は教育・文化が小さく景観が大きい傾向を示しています。この理由としては、飛騨森林管理署は対象地内に存在するキャンプ場や自然探勝路などを意識して教育・文化を重視し、中部森林管理局は対象地を御岳の一部として捉えて景観を重視していることが考えられます。このようにアンケート調査結果でスケールによる違いが見られました。

(3) 感度分析の結果

評価基準の重要度がどれだけ代替案決定に影響しているのかを把握するために感度分析を行いました。算出方法は、以下に示す通りです。

「経済」基準 w_1 だけを変化させたとき（その他3基準の比率は同じ）
木材生産の総合重要度 $M = w_1 m_1 + w_2 m_2 + w_3 m_3 + w_4 m_4 \dots (A)$

ここで、 $\frac{w_3}{w_2} = a, \frac{w_4}{w_2} = b$ として「経済」基準 w_1 以外の比率を固定すると、

$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$ より、

$$w_2 = \frac{1-w_1}{1+a+b}, w_3 = aw_2, w_4 = bw_2 \text{ で、}$$

$$\text{また、 } a = \frac{0.135}{0.338} = 0.399, b = \frac{0.435}{0.338} = 1.287, m_1 \sim m_4 \text{ の各数値を (A) に代入すると、}$$

$$M = 0.132w_1 + 0.122$$

$$\text{森林レクの総合重要度 } R = w_1r_1 + w_2r_2 + w_3r_3 + w_4r_4$$

$$\text{環境保全の総合重要度 } K = w_1k_1 + w_2k_2 + w_3k_3 + w_4k_4$$

の2式についても、同様にして各数値を代入して、整理します。

$$R = -0.038w_1 + 0.385$$

$$K = -0.094w_1 + 0.493$$

同様にして、景観、教育・文化、自然についても感度分析を行いました (図7-10)。

すると、教育・文化の基準を0から1へと変化させた場合に限り、最も高い総合重要度は環境保全林から森林レク利用林に変わり、それ以外の場合では全て環境保全林が最も高い値となりました。

4 おわりに

森林区分を森林管理計画のためのものとして位置付けることで、区分の意義が明確となりました。さらに潜在的機能の評価と利用目的に応じた区分をハードゾーニングとソフトゾーニングとに切り離して考えることにより、より一層管理計画が立てやすいと言えます。また、主に既存のデータ (GISで用いられる形式) を利用しているため、簡易に区分することができます。今後、このような区分手法が一般的になるために、GISによる森林情報の整備が望まれます。また、都道府県や市町村の地方自治体と森林所有者、森林組合とが連携した情報管理と運用体制の構築が求められます。

本研究では、これまで事例の少ない小流域スケールを対象とした区分を試み、ハードゾーニングとして生態系を考慮しました。特に、水辺林がコリドーの役割を果たし、貴重な生態系が分散化するのを防止する可能性が示唆されました。しかし、今回扱ったデータは植物のみにとどまっており、今後は大型哺乳類の生息域や鳥類、希少な昆虫等の分布も考慮する必要があります。また、新しい研究成果を随時反映させ、評価項目や基準を検討し、森林区分を形骸化させず、常に生きた情報として更新していくことが望まれます。

所有者を含めた利害関係者の意見を反映させるため、森林区分にAHPという意思決定手法を取り入れました。AHPは複数の関係者の意見を取りまとめることや、感度分析を行って評価基準の変化に応じた代替案の変化を考察することにも有効です。よって、AHPを用いて幾つかの代替案を示し、森林所有者と地域住民や行政の合意形成のための手段とすることも可能です。

本研究では、森林区分をすることが、所有者の利用を制限するものでなく、管理計画を立案する上での情報として活用され、施業の実施を促進するために役立てられることが望ましいと考えます。

参考文献

- 柿沢宏昭 (1991) 森林管理をめぐる合意形成の意義と方法、森林科学 No.3 : 16-19
 上飯坂實 (1991) 総合森林学、地球社

- 川那辺三郎、山中典和ら（1994）林縁の光環境と下層植生について—2、3 の異なった林分の比較—、
日本林学会論文集 105 号: 435-436
- 木下栄蔵（1992）意思決定論入門、哲学出版
- 溪畔林研究会編（1997）水辺林の保全と再生に向けて—米国国有林の管理方針と日本の取り組み—、
日本林業調査会
- 木平勇吉（1991）森林の管理手法の体系と問題点、森林科学 No.3 : 13-16
- 木平勇吉（1997）森林管理と合意形成、林業改良普及双書 125、社団法人 全国林業普及協会
- 崎尾均・山本福壽（2002）水辺の生態学、東京大学出版会
- 只木良也（1997）生物多様性の保全 遷移と森林生態系の保全、森林科学 No.20
- 田中和博（2002）次世代に残すべき豊かな森林形成を目指して—三重県宮川村ゾーニング中間報告—、
山林 1415 : 2-9
- 刀根薫（1986）ゲーム感覚意思決定法、日科技連
- 中村太士（2002）森林の公益的機能と施業計画論、林業技術 No.721 : 2-6
- 名古屋営林局久々野高山営林署・小坂営林署（1994）御岳・舟山森林レクリエーション地区管理経営
方針書（第6次変更）
- 藤森隆郎（2002）新たな森林管理技術の構築—多様な機能の発揮に向けて—、森林計画誌 36 (2) : 99-112
- 松本光朗（2003）森林 GIS の現状と課題、林業技術 No.732 : 8-11
- 林野庁（2004）平成 15 年度森林・林業白書（森林及び林業の動向に関する年次報告）、社団法人 日
本林業協会
- 林野庁（1991）「森林の機能別調査実施要領」5．森林の機能別調査実施要領の制定について〔昭和
52 年 1 月 18 日付け林野政第 2349 号林野庁長官通達〕—一部改正〔平成 3 年 7 月 25 日〕

表1 洪水防止機能評価因子別基準表

評価因子	A	B	C
傾斜(S)	$30^\circ < S$	$15^\circ < S \leq 30$	$S \leq 15^\circ$
標高(H)	$H > \frac{2Hh+Hl}{3}$	$\frac{Hh+2Hl}{3} \leq H \leq \frac{2Hh+Hl}{3}$	$H < \frac{Hh+2Hl}{3}$
地形	集水型	中間型	拡散型
降雨量(R)	$R > \frac{2Rh+Rl}{3}$	$\frac{Rh+2Rl}{3} \leq R \leq \frac{2Rh+Rl}{3}$	$R < \frac{Rh+2Rl}{3}$
積雪等	3m以上。2~3m で南向斜面	A,C以外	1m以下

(注)

標高のHhは対象地域内の山峰の高木群落の分布上限標高の平均値, Hlは対象地域内の森林分布下限標高である。

降雨量のRhは対象地域内の最多降雨量, Rlは対象地域内の最小降雨量である。

表2 山地災害防止機能評価因子別基準表

評価因子	A	B	C
表層地質	A	B	C
地質構造	①風化深度 γ , $\beta \sim \gamma$ ②特異地質構造地区該当	①風化深度 β , $\alpha \sim \beta$ ②該当なし	①風化深度 α , なし ②該当なし
傾斜(S)	$30^\circ < S$	$20^\circ < S \leq 30$	$S \leq 20^\circ$
斜面形状	下降斜面, 複合斜面	A,C以外	上昇斜面, 平坦地形
下層植生	コケ型	シラネワラビーカニコウモリ型	ササ型

(注)

1 表層地質のA, B, Cの内容は別表を参照のこと。

2 地質構造欄の風化深度を示す α , β , γ は土地分類図の表層地質(垂直分類図)の表示区分である。

表3 重要度の記号

重要度	各代替案の重要度			
	木材生産 M	森林レク R	環境保全 K	
経済	w1	m1	r1	k1
景観	w2	m2	r2	k2
教育	w3	m3	r3	k3
自然	w4	m4	r4	k4

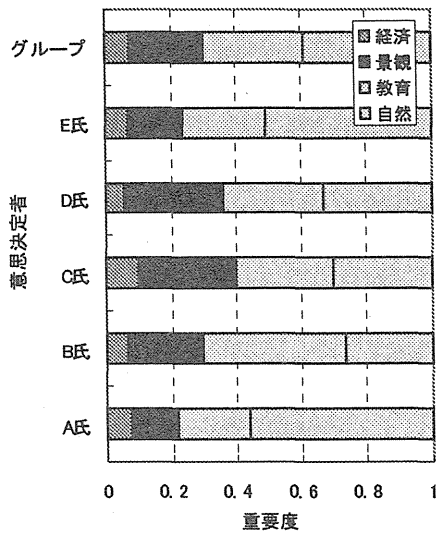


図1 評価基準の重要度 (飛騨)

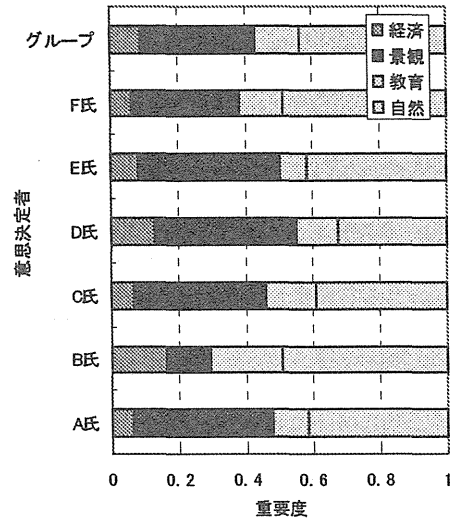


図2 評価基準の重要度 (中部)

「グループ」は、A～E氏 (A～F氏) の幾何平均した数値で、総合重要度の算出には、この値を用いています。

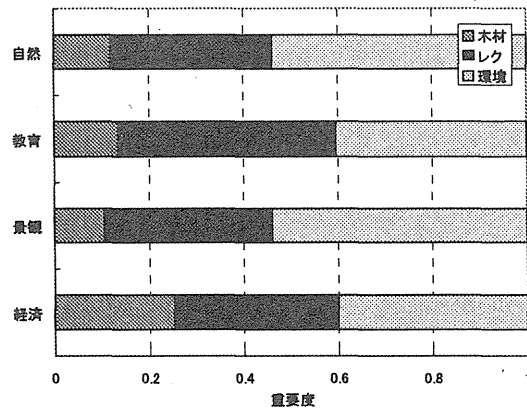


図3 代替案の重要度

飛騨森林管理署 A～E 氏と中部森林管理局 A～F 氏の幾何平均した数値です。

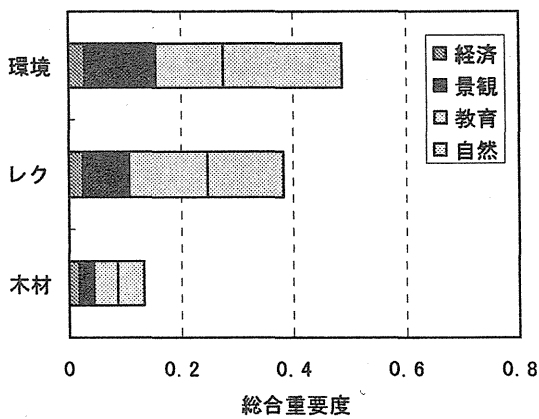


図4 総合重要度 (飛騨)

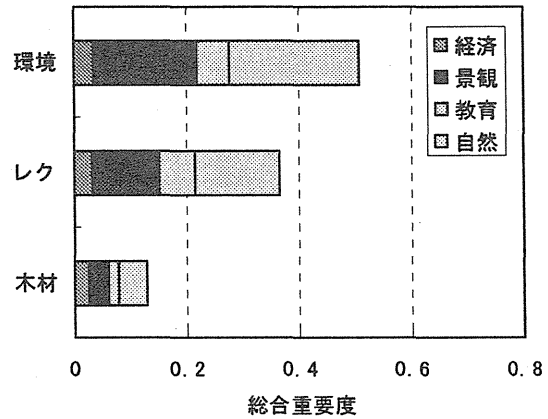


図5 総合重要度 (中部)

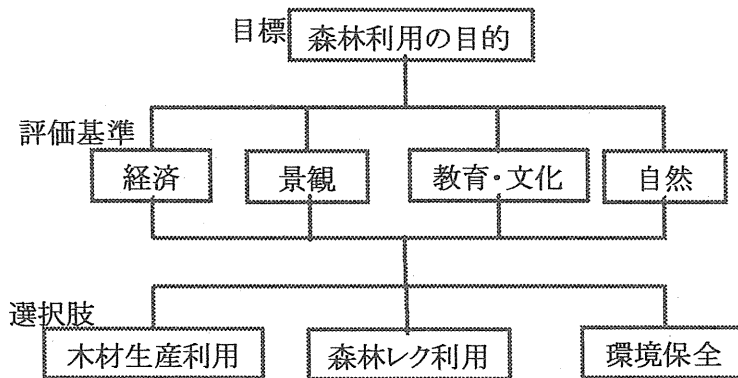


図6 階層図

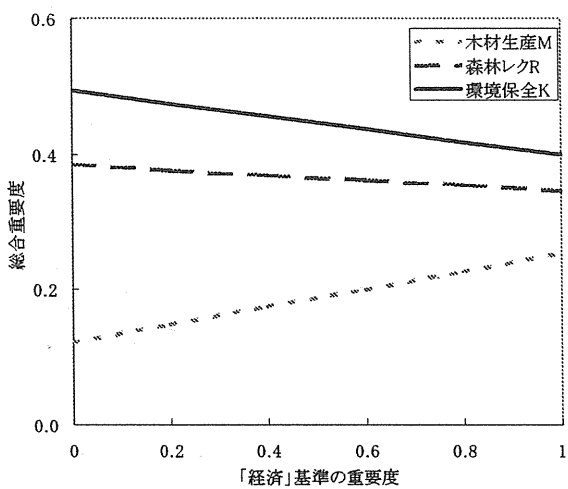


図7 感度分析 経済基準の変化

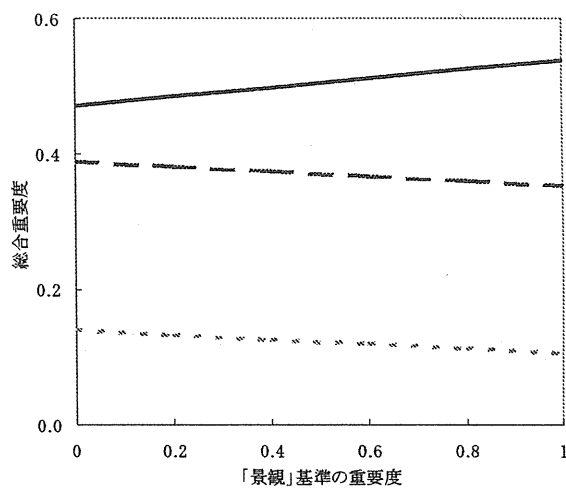


図8 感度分析 景観基準の変化

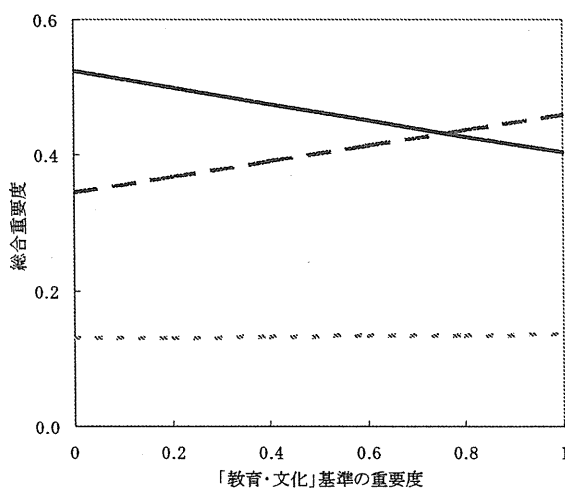


図9 感度分析 教育・文化基準の変化

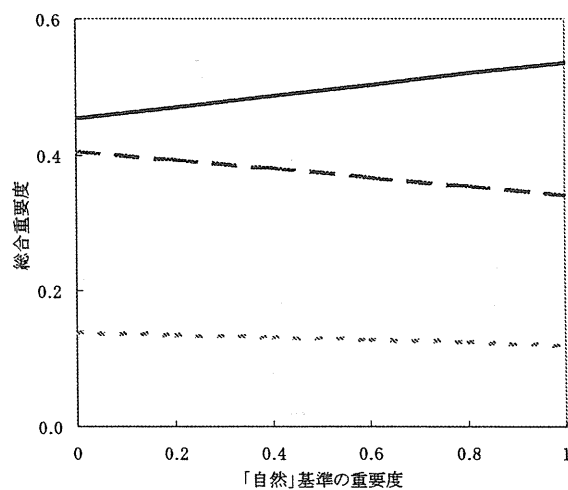


図10 感度分析 自然基準の変化

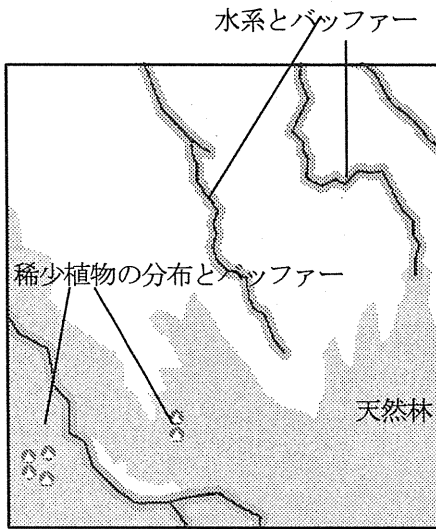


図 11 生態系保護区域

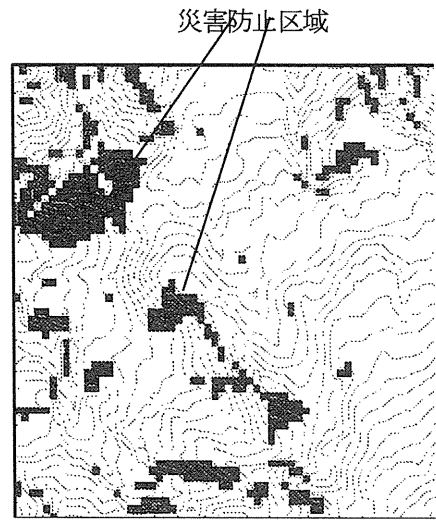


図 12 災害防止護区域

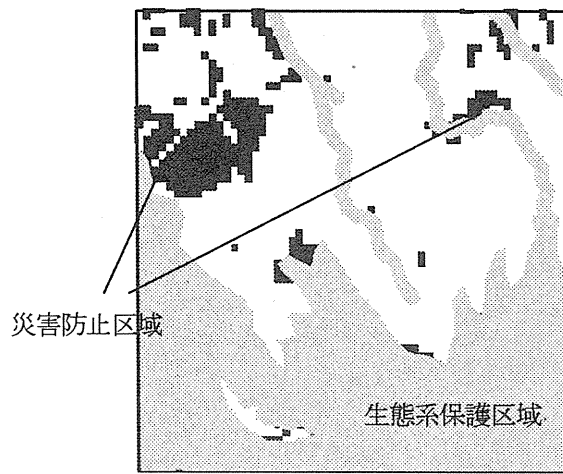


図 13 ハードゾーニングの結果

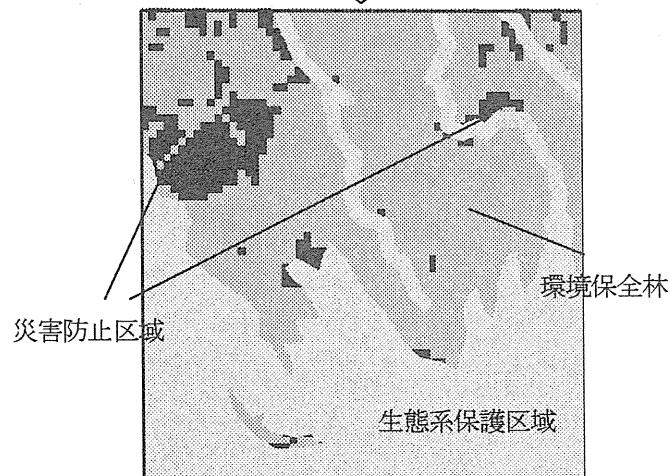
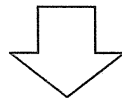


図 14 区分結果