

都市化ポテンシャルマップと二次草原の潜在生育地マップの重ね合わせによる二次草原消失の危険性評価：福島県旧原町市域を対象として

Estimating Secondary Grassland Disappearance Risk by Overlaying Potential Urbanizing Area Map with Secondary Grassland Potential Area Map: Case Study in Haramachi City, Fukushima Prefecture

田中貴宏*・佐土原聡**

Takahiro TANAKA and Satoru SADOHARA

要旨：本研究では福島県旧原町市域を対象とし、決定木分析により都市化ポテンシャルマップを作成し、それと二次草原の潜在生育地マップを重ね合わせることで、都市化による二次草原の消失危険性が特に高いエリアを抽出した。そして、そのようなエリアには (1) 用途地域指定がなされているエリアの縁辺部 (都市化ポテンシャルが高く、特に注意が必要)、(2) 郊外 (用途地域指定がなされていないエリア) の丘陵地の縁辺部 (都市化ポテンシャルがやや高く、注意が必要) の2つのタイプがあることが確認された。また、このような異分野の研究成果のオーバーレイに GIS が有効であることが確認された。

キーワード：都市化、二次草原、GIS、土地利用、潜在生育地

Abstract : This study aims at finding the places which have secondary grassland disappearance risk by overlaying potential urbanizing area map with secondary grassland potential area map in Haramachi City, Fukushima Prefecture. Two types of the places which have secondary grassland disappearance risk are found as follows. (1) Edge of downtown area. (2) Edge of hills in suburb area. It is also found that GIS is effective for integrating research results from different majors.

Key Words : urbanization, secondary grassland, GIS, land use, potential habitat

はじめに

生物多様性条約¹⁾に基づき、わが国では2007年に「第3次生物多様性国家戦略」が決定され、2008年には「生物多様性基本法」が成立された。また、2010年には「生物多様性条約第10回締約国会議」が開催されるなど、近年、わが国においても生物多様性保全の必要性が社会にも認識されつつある。また、その対象地域は人間の生活環境から離れた奥山のような原生的自然地域のみならず、里地里山城や都市内の生物多様性の保全についても、その必要性が認識されつつある。このような背景から、近年では自治体が策定する「緑の基本計画」等でも生物多様性の保全が謳われているようになり (例えば横浜市、2007)、また自治体レベルの生物多様性保全戦略も作成されるようになりつつある (例えば千葉県、2008)。また、限られたスペースで緑地を効果的に配置し、生物多様性を維持・保全することを目的とした都市内のエコロジカルネットワークなどのアイデアも提案されている (財団法人都市緑化機構、2006)。

一方、都市が人間生活を主眼にした空間であることを考えると、都市の生物多様性保全戦略は、人間と自然環

境の関わりも踏まえた上で、それぞれの地域の特性に応じた形で検討を行う必要がある。

そこで、本研究では福島県旧原町市域 (図1) を対象とし、歴史的に人が関わり文化的景観を形成してきた二次草原の保全を目指し、その消失危険性の評価を行うことを目的とした。具体的には、都市化ポテンシャルマップ (現在、自然的土地利用がなされている場所で、都市化しやすい場所を示した地図)、および二次草原の潜在生育地マップ (二次草原の潜在生育地を示した地図) を重ね合わせることで、二次草原消失危険エリアの抽出を行い、あわせて消失危険エリアの特徴について考察を行うことを目的とした。

また GIS は地理的位置を媒介とし、同一の地理空間上で様々なデータ (知見) を共有することが可能なので、異分野間の成果の統合に優れており、またその統合が新たな知見を生み出し得ると言われている (例えば川崎、2005)。本研究で扱うような都市・農村計画分野の成果 (都市化ポテンシャルマップ) と生態学・ランドスケープ分野の成果 (二次草原の潜在生育地マップ) の統合にも、GIS は有効であると考え、本研究では GIS を利用し、解析した。

* 広島大学大学院工学研究科 社会環境システム専攻

** 横浜国立大学大学院環境情報研究院 環境リスクマネジメント専攻

1. 関連既往研究

関連する既往研究として、都市・農村計画分野では、土地利用変化や市街化の予測手法（予測モデル）の開発を行ったものがある。このような土地利用変化モデルや市街化モデルを作成した研究としては、例えば国内では石坂（1992a, 1992b）、海外では Waddell（2002）など、比較的蓄積が豊富で、多くのモデルが開発されている。一方、生態学・ランドスケープ分野では特定生物種に着目し、サンプルエリアでの分布調査結果と環境条件（地形・土壌等）との関連性から、その生物種の生育地をより広域で予測するような研究がなされている。例えば、日置ほか（2000）や夏原・神原（2001）、一ノ瀬ほか（2001）などのように、特定生物種の潜在的な生育地の予測を行う研究は、近年 GIS 関連技術や統計的手法の発達にともない多く見られるようになった。また、最近では希少種の分布からその立地特性（潜在生育・生息地）を把握することにより、農村計画に活かすことを意図した研究（嶺田ほか，2004）も見られる。しかし、わが国では土地利用変化の予測研究と潜在生育・生息地の予測研究の成果を統合し、現実社会の生物多様性保全戦略検討に寄与することを意図した研究は従来あまり見られない。

海外においては、都市・農村計画分野と生態学・ランドスケープ分野の統合研究として GAP 分析に関する研究が行われ、実社会で利用されている（Scott et al., 1993）。また、対象地域のシナリオを作成し、生物多様性の視点からシナリオ評価を行うような手法も提案されている（Steinitz et al., 1996）。ただし、これらは都市と自然地域を含む、地域スケールを対象とし、また野生生態系の保全に主眼があり、都市内の二次草原を対象としている本研究とは若干異なる。一方、わが国における都市・農村計画分野と生態学・ランドスケープ分野の統合事例としては、本研究のような潜在生育地を利用したも

のではないが、エコロジカルネットワークを活用した事例（町田市，2000）が見られる。

2. 研究の方法

2. 1 対象地

福島県旧原町市域は福島県東部に位置し、西部に国有林（山地）を有し、また東部は太平洋に面しており、さらにその間には平地が広がっている。この平地部に、市街地や農村景観が広がっており、国道 6 号および JR 常磐線が南北に通っている。この福島県旧原町市域の国有林を除くエリアを、本研究の対象地とした（図 1）。なお、旧原町市は 2006 年に近隣自治体と合併し、現在は南相馬市原町区となっている。また、本対象地では用途地域指定はなされているが、区域区分は行われていない。

2. 2 研究の流れ

本研究は以下の流れで実施した。

- (1) 都市化ポテンシャルマップの作成
- (2) 都市化ポテンシャルマップと二次草原の潜在生育地マップとの重ね合わせ（二次草原の消失危険エリアの抽出）

次節以降で、その概要・方法を記す。

2. 3 都市化ポテンシャルマップの作成

2005 年をピークにわが国の人口は減少傾向にあるが、現在でもなお地方都市においては小規模住宅地などの新規開発が進んでおり、この傾向は今後も当分続くものと考えられる。そして、土地利用の計画に関する大きな政策変更等が特にならない限り、将来都市化が発生する場所は、近年都市化が発生した場所と同様の特徴を有する場所であると考えられる。そこで、本研究では近年の都市化の傾向をもとに、近い将来都市化が発生する可能性の高い場所を抽出することとし、それらの場所を地図上に表現したものを「都市化ポテンシャルマップ²⁾」とした。なお、都市化ポテンシャルマップの作成には決定木分析（Decision Tree Analysis）を用いた。この決定木分析は、近年、開発予測にも用いられており、モデルの構造がブラックボックスにならない等の利点があるといわれている（三木ほか，2004）。本研究では都市化ポテンシャルの構造を把握する必要があるので、決定木分析のような手法が有用であると考えた。なお、決定木分析のアルゴリズムとしては CHAID³⁾を用いた。以下に、本研究における都市化ポテンシャルマップの作成手順を記述する。

- (1) 国土数値情報の土地利用細分メッシュデータ（1976 年、1997 年）を利用し、対象地における 2 時期の土地利用データを作成。なお、このデータは 3 次メッシュ 1/10 細分区画（約 100m のメッシュ）を空

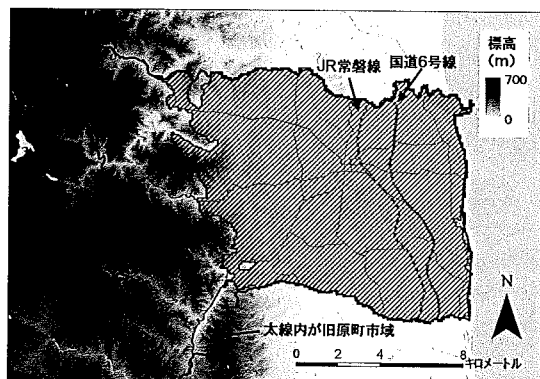


図1 対象地（斜線部が対象エリア）

間単位としている。

- (2) 2 時期 (1976 年、1997 年) の土地利用データを重ね合わせ、新たに都市化した場所 (この期間に新たに「建物用地⁴⁾」となった場所) を抽出。
- (3) 対象地において、3 次メッシュ 1/10 細分区分画と同様のメッシュデータを作成し、各メッシュに対して (1976 年～1997 年における) 都市化の有無を属性データとして登録。
- (4) GIS を利用し、(3) で作成したメッシュデータに表 1 の項目を属性データとして登録。
- (5) 都市化済 (1976 年時点) のメッシュを除く全てのメッシュを分析用データ (7 割) と検証用データ (3 割) に分類。なお、分類に際しては乱数を用いた。
- (6) (5) の分析用データを使用し、(3) で登録した属性データ (1976 年～1997 年における都市化の有無) を目的変数、(4) で登録した属性データを説明変数として決定木を作成。なお、決定木分析を行う際、設定した各パラメータを下記に記す。
 - ・ 親ノード数: 156 (サンプルの 2%)
 - ・ 子ノード数: 78 (サンプルの 1%)
 - ・ 最大深さ: 4
- (7) (5) の検証用データを用いて、(6) で作成したモデル (決定木) を検証。
- (8) (6) で作成したモデル (決定木) を、1997 年の状態に適用し、都市化ポテンシャルマップを作成。

2. 4 都市化ポテンシャルマップと二次草原の潜在生育地マップとの重ね合わせ

二次草原はかつて国土の 1 割を占めていたが、現在は 2% に過ぎず、全国的にも減少傾向にあり、また希少種も多く含まれているため、生態学的な側面から見て重要な土地である。また対象地では昔から多くの草原が存在し、それら草原と密接に関わる形で人々の生活が成立していた (原町市史編纂室, 1968)。そのため、二次草原は文化的側面から見ても重要であり、保全していく必要があるものと考え。そこで、本研究では二次草原の潜在生育地マップと、都市化ポテンシャルマップとの重ね合わせにより、二次草原の消失危険エリアの抽出を行った (本研究では特に乾性二次草原を対象とした)。

二次草原の潜在生育地マップについては、既に生態学の分野で、旧原町市域 (国有林を除くエリア) を対象に作成されたマップ (島田, 2002) が存在するので、これを利用した (図 2)。このマップの作成手順については島田 (2002) の成果であり、詳述されているので、ここでは以下に作成手順の概要のみ記す。

- (1) 目的植生 (保全対象地) の設定: ここでは乾性二次草原 (トダシバーススキ群集) を目的植生として設

定。

- (2) 目的植生における指標種の選定: 既存の植生調査資料をもとに目的植生の指標種を抽出。
- (3) 指標種の分布調査: 旧原町市域内の 2km×4km の矩形エリアをサンプル調査エリアとして、指標種の分布調査を実施。
- (4) 目的植生図の作成: (3) の結果を GIS 上でポイントデータとして入力した後、対象地の 50m メッシュデータを作成し、各メッシュの属性データとして指標種の出現の有無を登録 (このメッシュデータを目的植生図としている)。
- (5) 環境変数データの作成: 指標種の出現の有無 (目的変数) を説明する為の説明変数 (環境変数) として、表層地質図、土壌図、植生図、土地利用図を GIS データとして作成。そして、このデータと (4) で作成された 50m メッシュとを重ね合わせ、各メッシュにおける表層地質タイプ、土壌タイプ、植生タイプ、土

表 1 メッシュに登録したデータ

メッシュデータに登録した属性データ	変数タイプ
当該メッシュが国土利用計画法で指定する都市地域に入るか否か	名義変数
当該メッシュが用途地域指定のなされている地域に入るか否か	名義変数
当該メッシュが農業振興地域に入るか否か	名義変数
当該メッシュが 1975 年時点の DID に入るか否か	名義変数
1976 年時点の土地利用	名義変数
JR 原町駅からの距離	量的変数
国道 6 号線からの距離	量的変数
国道以外の主要道 (一般県道、主要地方道) からの距離	量的変数
その他の道路からの距離	量的変数
標高	量的変数

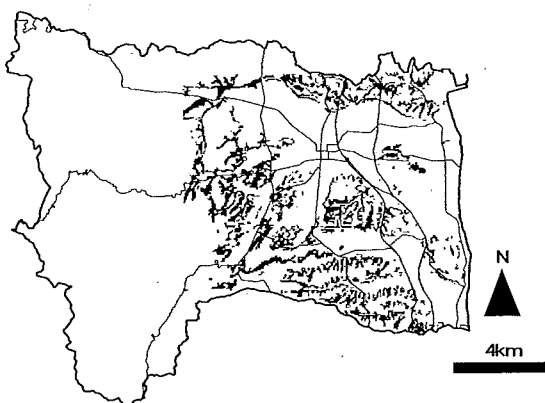


図 2 二次草原の潜在生育地マップ (灰色部が潜在生育地を示す)

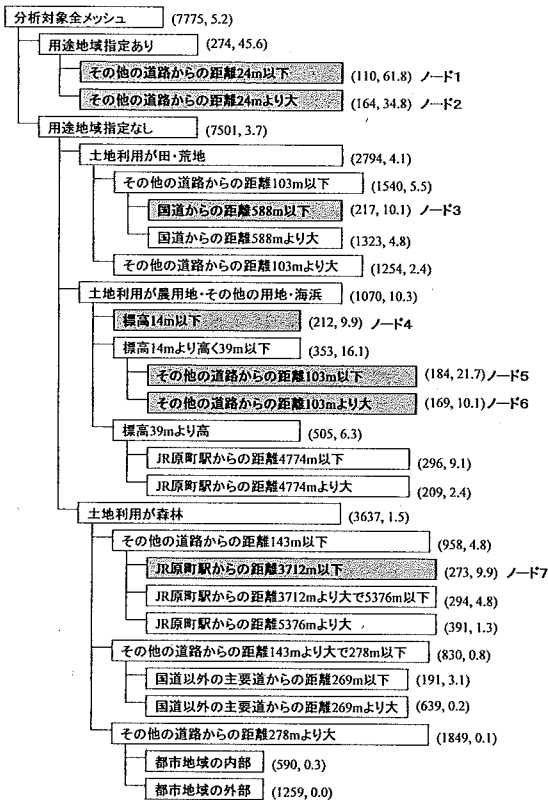


図3 作成した決定木
(灰色部が都市化ポテンシャルノード)

地利用タイプの有無を調べ、それらをメッシュの属性データとして登録。

- (6) モデル作成 (決定木分析を利用) : (4)で作成された目的植生図を目的変数、(5)で作成された環境変数を説明変数として、決定木分析 (CHAID) を実行 (作成された決定木を乾性二次草原の潜在生育地抽出モデルとしている)。
- (7) 二次草原の潜在生育地マップ作成 : (6)で作成されたモデルを対象地全域に適用し二次草原の潜在生育地マップを作成。

3. 結果

3. 1 都市化ポテンシャルマップ

2.3 で述べた決定木分析により得られた決定木 (モデル) を図3に示す。図中の括弧内の前半の数字は各ノードに該当するメッシュの数、後半の数字は都市化率を示す。作成された決定木の全ノードから、都市化率が10%程度以上の7つのノードを都市化ポテンシャルノードと

表2 都市化ポテンシャル度の設定と
検証用データの都市化率

	都市化率	都市化ポテンシャル度	検証用データを用いた都市化率
ノード1	61.8	4	62.8
ノード2	34.8	3	27.1
ノード3	10.1	1	7.2
ノード4	9.9	1	3.2
ノード5	21.7	2	17.3
ノード6	10.1	1	4.2
ノード7	9.9	1	8.7

表3 都市化ポテンシャル度決定のルール

都市化ポテンシャル度	ルール
4	用途地域指定があり、 その他の道路からの距離が24m以下。
3	用途地域指定があり、 その他の道路からの距離が24mより大。
2	用途地域指定がなく、 土地利用が農用地、その他の用地、海浜のいずれかで、 標高が14mより大かつ39m以下で、 その他の道路からの距離が103m以下。
1	用途地域指定がなく、 土地利用が農用地、その他の用地、海浜のいずれかで、 標高が14m以下。 用途地域指定がなく、 土地利用が農用地、その他の用地、海浜のいずれかで、 標高が14mより大かつ39m以下で、 その他の道路からの距離が103mより大。 用途地域指定がなく、 土地利用が森林で、 その他の道路からの距離が143m以下で、 JR原町駅からの距離が3712m以下。

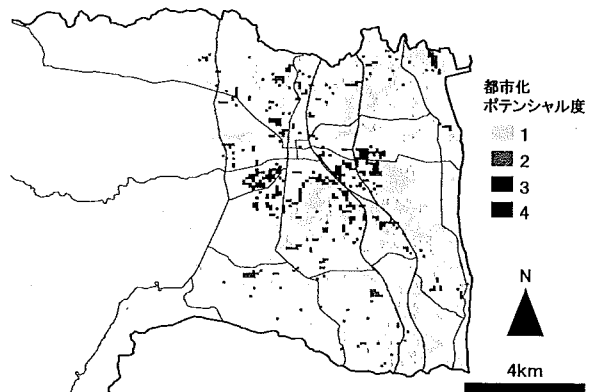


図4 都市化ポテンシャルマップ

して抽出し (各ノードに1~7の番号を付与)、また都市化率の値から都市化ポテンシャル度を設定した (表2)。また、検証用データに図3のモデルを適用した結果 (各ノードの都市化率) も併せて表2に示す。比較的都市化率が低いノード (都市化ポテンシャル度が1のノード) において値の乖離が見られるので注意が必要だが、本モデルで都市化ポテンシャルが概ね説明できると判断した。

このモデルにより得られたルールをまとめたものを表 3 に示す。そして、このルールを 1997 年の状況に適用した結果（都市化ポテンシャルマップ）を図 4 に示す。

3. 2 都市化ポテンシャルマップと二次草原の潜在生育地マップとの重ね合わせ

図 2 の二次草原の潜在生育地マップと図 4 の都市化ポテンシャルマップを重ね合わせた地図（市街地から市北部を含むエリアを拡大表示したもの）を図 5 に示す。

4. 考 察

4. 1 結果の考察

決定木分析により得られた表 3（もしくは図 3）を見ると、用途地域指定がなされている場所の都市化ポテンシャルが高いことが分かる。これは、用途地域指定がなされている場所が既存市街地で生活利便性が比較的高いためであると考えられる。また、用途地域指定がなされていない地域でも、畑のような場所で既存道路から近い（約 100m 以内）場所（都市化ポテンシャル度 2 の場所）については注意が必要であると言える。

一方、二次草原の潜在生育地の環境条件としては、丘陵地の斜面下部や、森林と水田や畑が接する場所が挙げられる（島田, 2002）。また、図 5 を見ると都市化による二次草原の消失危険性が特に高いエリアには以下 2 つのタイプがあるといえる。

- (1) 用途地域指定がなされているエリアの縁辺部：都市化ポテンシャル度が 3 もしくは 4 のエリアであり、また、このエリアには森林と水田や畑が接する場所（二次草原の潜在生育地）も多く見られ、特に注意が必要である。
- (2) 郊外（用途地域指定がなされていないエリア）の丘陵地の縁辺部：都市化ポテンシャル度が 2 であり、(1) よりは低い、相対的に都市化ポテンシャルは高い。また前述のとおり、丘陵地の斜面下部は二次草原の潜在生育地にあたるため、やはり注意が必要である。

4. 2 都市環境づくりにおける異分野の成果図のオーバーレイ

本研究では都市・農村計画分野の成果（都市化ポテンシャルマップ）と生態学・ランドスケープ分野の成果（二次草原の潜在生育地マップ）という、従来別々の分野で進められてきた研究の成果のオーバーレイを GIS 上で試みた。その結果、新たな知見として、都市化ポテンシャルの高い場所と二次草原の潜在生育地が重なる場所の環境特性（前節の(1)(2)）が明らかとなった。

本研究では二次草原の消失という視点に絞って都市化

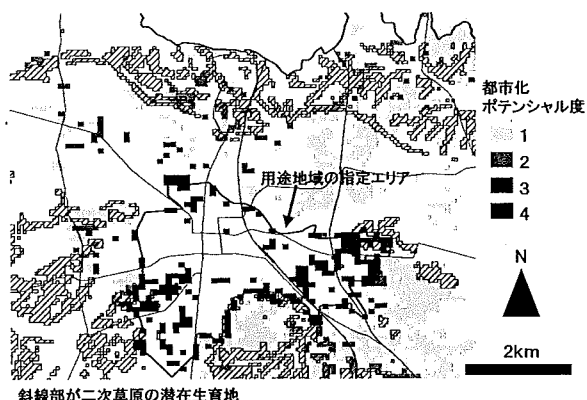


図 5 都市化ポテンシャルマップと二次草原の潜在生育地マップの重ね合わせ

の検討を行ったが、実際に良好な都市環境づくりを進めていくためには、他の視点からの地図も整備し、それらを統合し、総合的な視点に基づく都市環境づくりを進める必要がある。そして、多くの学術知見の統合においては、ひとつのプラットフォーム上で様々な情報を共有できる GIS はより効率的なツールになるものと考えられる。なお、他の視点の地図としてはアボイドマップ（防災分野）（例えば神奈川県環境部環境政策課, 1994）やクリマートラス（都市気候分野）（日本建築学会, 2000）などが既にあるので、これらの成果を積極的に活用していくことが必要であろう。

さらに、図 5 は一目で二次草原の消失危険性が高いエリアが理解できる。都市環境づくりにおける学術成果の活用という視点からいえば、このような人々に分かりやすい視覚情報を効率的に作成できるという点も GIS の特徴である。

おわりに

本研究では福島県旧原町市域を対象とし、決定木分析により都市化ポテンシャルマップを作成し、それと二次草原の潜在生育地マップを重ね合わせることで、都市化による二次草原の消失危険性が特に高いエリアの特徴として以下の 2 タイプを抽出した。

- (1) 用途地域指定がなされているエリアの縁辺部：都市化ポテンシャル度が 3 もしくは 4 のエリアであり、また、このエリアには森林と水田や畑が接する場所（二次草原の潜在生育地）も多く見られ、特に注意が必要である。
- (2) 郊外（用途地域指定がなされていないエリア）の丘陵地の縁辺部：都市化ポテンシャル度が 2 であり、相対的に都市化ポテンシャルは高い。また、丘陵地の斜面下

部は二次草原の潜在生育地にあたるため、やはり注意が必要である。

なお、本研究では対象地の GIS データ整備状況の制約から、全国一律で整備されている国土数値情報を活用し、そのため都市化ポテンシャルマップの空間解像度は約 100m となっている。これは都市全域のスケール (1/25,000 程度) から都市化ポテンシャルを把握するには十分であると思われるが、今後、高空間解像度の GIS データが徐々に整備されるものと考えられるので、それらのデータを活用した詳細な検討も必要であろう。

謝 辞

本研究を遂行するにあたって、岩手県立大学総合政策学部の島田直明 助手にはたびたび貴重なご助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

補 注

¹⁾ 生物多様性条約は、(1) 地球上の多様な生物をその生息環境とともに保全すること、(2) 生物資源を持続可能であるように利用すること、(3) 遺伝資源の利用から生ずる利益を公正かつ衡平に分配することを目的として、1993 年に発効された。2008 年 10 月現在で、日本を含む 190 ヶ国と EC がこの条約を締結している。

²⁾ 本研究の分析では、「都市化」を『建物用地』への変化することとし、「都市化ポテンシャル」を『建物用地』への変化のしやすさとした。本分析の主旨からは、人工的な公園になることも都市化であると考えられることもできるが、利用した土地利用細分メッシュデータ (国土数値情報) の区分には公園がないこと、対象地において対象期間内に大きな人工的公園整備が行われなかったことから、「都市化」を上記のとおり定義した。

³⁾ CHAID とはカイ 2 乗検定によって目的変数と関連の強い説明変数を次々と選択していき、最終的に決定木を作成する手法で、近年データマイニングやマーケティング等の分野で利用され始めた統計学的手法の 1 つである。決定木の作成手法として、代表的なものとしては他に CART があるが、これは二進木といって、常に 2 つの枝に分岐する手法である。本研究では、土地利用等で 3 つ以上に分岐することを想定し、CHAID を利用した。

⁴⁾ 利用した土地利用細分メッシュデータ (国土数値情報) は 1976 年と 1997 年とで、凡例に相違がある。1976 年データでは「建物用地 A」「建物用地 B」を併せて「建物用地」とし、1997 年データでは「建物用地」をそのまま「建物用地」とした。

引用文献

千葉県 (2008) 生物多様性白書県戦略, 千葉県, 千葉, 127pp.

原町市史編纂室 (1968) 原町市史, 原町市, 福島, 1679pp.

日置佳之・百瀬浩・水谷義明・松村健一・鈴木明子・太田望洋 (2000) 湿地植生計画のための鳥類の潜在的生息地図化とシナリオ分析に関する研究, ランドスケープ研究, 63(5), 469-475.

石坂公一 (1992a) 土地利用遷移行列の分析手法に関する考察: 首都圏都市街化区域における住居系用途を中心とした土地利用変化動向の分析 その 1, 日本建築学会計画系論文集, 436, 59-69.

石坂公一 (1992b) 首都圏における距離帯別の土地利用変化動向: 首都圏都市街化区域における住居系用途を中心とした土地利用変化動向の分析 その 2, 日本建築学会計画系論文集, 442, 97-106.

一ノ瀬友博・高橋俊守・加藤和弘 (2001) 多摩川の生物空間地図作成と絶滅危惧植物カラニガナの分布予測への応用, 地理情報システム学会講演論文集, 10, 337-340.

神奈川県環境部環境政策課編 (1994) 神奈川県新アボイドマップ: 地震編 その 2, 神奈川県, 横浜, 10pp.

川崎昭如・鈴木亘・朴英眞・佐土原聡・浦野紘平 (2005) 学際的環境研究を支援する大学内空間データ共有システムの構築: 「生物・生態環境リスクマネジメント」における国際的研究・情報発信拠点の形成 その 1, GIS-理論と応用, 13(1), 83-89.

三木隆輝・有馬隆文・出口敦 (2004) 決定木分析を用いたシナリオ型開発予測に関する研究: 福岡県糸島地域を対象として, 日本建築学会計画系論文集, 584, 99-105.

町田市 (2000) まちだエコプラン【概要版】, 町田市, 東京, 4pp.

嶺田拓也・石田憲治・飯嶋孝史 (2004) 博物館情報を利用した GIS による水田希少植物の分布特性の把握, 農村計画学会誌, 23(3), 219-226.

夏原由博・神原恵 (2001) ニホンアカガエルの大府府南部における生育適地と連結性の推定, ランドスケープ研究, 64(5), 617-620.

日本建築学会編 (2000) 都市環境のクリアマトラス: 気候情報を活かした都市づくり, ぎょうせい, 東京, 113pp.

Scott, J. M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, H. Anderson, S. Caicco, F. D'Erchia, T. C. Edwards, Jr., J. Ulliman and R. G. Wright (1993) Gap Analysis: A Geographic Approach to Protection of Biological Diversity. *Wildlife Monograph*, 123, 1-41.

島田直明 (2002) 二次植生における植生管理および保全: 復元適地の抽出に関する研究, 横浜国立大学学位論文, 横浜, 70pp.

Steinitz, C., M. Binford, P. Cote, T. Edwards, Jr. and S. Ervin (1996) Biodiversity and Landscape Planning: Alternative Futures for the Region of Camp Pendleton, California, Harvard Univ., Cambridge, 157pp.

Waddell, P. (2002) UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning. *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 297-314.

横浜市 (2007) 横浜市水と緑の基本計画: かけがえのない環境を未来へ, 横浜市環境創造局総合企画部環境政策課, 横浜, 236pp.

財団法人都市緑化機構 (編著) (2006) 都市のエコロジカルネットワーク II: 計画づくりと自然環境情報の整備・活用ガイド, ぎょうせい, 235pp.