

新制
農
823

メッシュデータを用いた 土地利用の空間分析

2001

西 前 出

メッシュデータを用いた土地利用の空間分析

2001

西 前 出

目 次

Abstract	
図リスト	i
表リスト	vii
第1章 緒論	1
1.1 研究の目的	1
1.2 本論文の構成	2
第2章 空間分析におけるメッシュデータの適用可能性	5
2.1 国土数値情報の概要	6
2.1.1 メッシュの区分方法	6
2.1.2 土地利用メッシュデータ	10
2.1.3 自然地形メッシュデータ	15
2.2 細密数値情報の概要	16
2.2.1 メッシュの区分方法	16
2.2.2 土地利用メッシュデータ	20
2.2.3 自然地形メッシュデータ	25
2.2.4 時間帯・距離帯メッシュデータ	27
2.3 既往の研究	30
2.3.1 近傍メッシュ間の空間影響	30
2.3.2 国土数値情報と細密数値情報の空間分析への適性	31
2.3.3 地域構造の空間変動	32
2.3.4 農振地域と市街化調整区域の土地利用変化動向	32
2.3.5 既往研究における課題と本研究の狙い	33

第3章 空間相関分析法を用いた土地利用の空間分布分析 35

3.1	空間相関分析法	36
3.1.1	空間相関分析法の基本理論	36
3.1.2	メッシュデータへの空間相関分析法の適用	37
3.1.3	土地利用の連担性の概念	39
3.1.4	土地利用の共存性, 排斥性の概念	40
3.2	土地利用の安定地点	41
3.2.1	定常マルコフ連鎖を用いた遷移確率モデル	41
3.2.2	安定地点を考慮した遷移確率モデル	42
3.2.3	パラメータの推定	42
3.2.4	パラメータの条件	44
3.3	研究対象地域の概要	45
3.3.1	阪神地区の土地利用変化	46
3.3.2	データベースの構築	51
3.4	土地利用の安定地点の空間分布特性	55
3.4.1	標高・傾斜区分別土地利用の安定地点の推定	55
3.4.2	土地利用の安定地点と空間分布の関連性	61
3.5	まとめ	72

第4章 地理的重み付け回帰による土地利用モデルの構築 75

4.1	地理的重み付け回帰	77
4.1.1	重回帰分析とGWR	77
4.1.2	重み付け関数のキャリブレーション	79
4.2	対象地域とデータ	81
4.2.1	北河内地域の土地利用変化	81
4.3	農地の安定地点の分布構造の空間変動	86
4.4	まとめ	92

第5章 農振白地の広域土地利用変化動向	93
5.1 オーバーレイ解析による空間データの構築	94
5.1.1 研究対象地域の概要	94
5.1.2 農用地区域変更の把握の必要性	95
5.1.3 空間データの構築	95
5.2 農振白地の土地利用変化の空間分析	106
5.2.1 3時点間農振白地の土地利用メッシュ数の推移	106
5.2.2 3時点間調整区域の土地利用メッシュ数の推移	107
5.2.3 「田」の変化の空間分析	109
5.2.4 「畑・その他の用地」の変化の空間分析	113
5.3 まとめ	117
第6章 結論	119
参考文献	121
謝辞	127
付録	
付録1 細密数値情報変換プログラム	129
付録2 SCA法プログラム	135
付録3 GWRプログラム	141

Abstract

A large amount of conversion from farmland to non-agricultural uses has occurred in the “agricultural promotion area”, which was designated to be reserved for agricultural purposes. In order to solve the situation, analysis on macroscopic land-use change is an essential subject in the field of regional planning. However, many such studies deal with the land-use data that are aggregated in certain statistical units such as municipality or district, which eliminates the spatial features of the phenomenon. The present study aims to clarify the spatial characteristics of land-use distribution and factors of land-use change in Kinki region, Japan, through analyzing 10-meter grid land-use data provided by the Geographical Survey Institute of Japan. The study is comprised of the following five chapters.

After an introductory description of the thesis in Chapter 1, we discussed over the optimal size of the grid land-use data in Chapter 2. Through reviewing several studies focused on the characteristics of grid data, it was clarified that the range from 10 to 100 meter is a sufficient size to examine the land-use change at great area such as greater municipal region.

In Chapter 3, we estimated the distribution of “steady land uses” and examined its relation with other land uses. Many studies on land-use conversion assume that all land uses are changeable. However, we can find some types of land use, even including agricultural uses, which are in steady state under certain conditions, and it is important to clarify its distribution and factors of steadiness for better understanding of the land-use issues. From this viewpoint we employed Spatial Correlation Analysis (SCA) method using lattice data to quantify the phenomena. The result indicated that the steadiness of agricultural land and forest at low elevation or gentle slope was low, while urban land was found highly steady over the study area.

Chapter 4 examines the relationships between the distribution of steady

agricultural land and other geographical variables by Geographically Weighted Regression (GWR). Most land-use models consider a homogeneous structure over the area, which are indicated by "spatially average" or "global" parameter estimates. However as land-use phenomena has its spatial dimension, it seems reasonable to assume that relationships with other factors might vary over space and that parameter estimates might show significant spatial variation. GWR produces localized parameter estimates, which can exhibit a high degree of variability over space and indicate the presence of spatial nonstationality of the relationships. The analytical results have revealed that the relationships between the distribution of steady agricultural land and other geographical variables in the urbanized area are different from those in the rural area.

Chapter 5 was dedicated to the main concern of the study. Although a large amount of land-use conversion in the agricultural promotion area has been a serious issue, no study has tried temporal and spatial analysis of land-use change over a large area due to lack of time-series digital data in the agricultural promotion area. We arranged time-series lattice data in Osaka Prefecture, covering the total of 160,000 km² in 10-meter grid. Spatial distribution of land-use changes in the agricultural promotion area over 1978-1992 was analyzed in comparison with that in the urbanization control area. The result showed that land-use change in the urbanization control area was outstanding in the early 1980's, while in the latter period the trend has encroached on the agricultural promotion area, showing high rate of conversion to residential uses and public facilities including effects of large-scale road development.

The conclusion of the study is given in Chapter 6. The above results, which form the main part of the thesis, could only be achieved through maximum utilization of lattice data with advanced GIS functions and modeling techniques. Such approach can be applied for studies at various locations and scales, and is expected to make a new contribution to land-use planners from scientific viewpoint.

【図リスト】

第 2 章

図 2.1	基準地域メッシュの第 1 次地域区画	7
図 2.2	基準地域メッシュの位置とメッシュコードの付け方	8
図 2.3	基準地域メッシュ内での 1/10 細分区画の配置	9
図 2.4	日本全国の土地利用図 (1976 年)	12
図 2.5	日本全国の土地利用図 (1987 年)	13
図 2.6	日本全国の土地利用図 (1991 年)	14
図 2.7	基準地域メッシュ内での 1/4 細分区画の配置	15
図 2.8	細密数値情報 (近畿圏) の調査対象地域	17
図 2.9	近畿圏の土地利用図 (1974 年)	22
図 2.10	近畿圏の土地利用図 (1979 年)	22
図 2.11	近畿圏の土地利用図 (1985 年)	23
図 2.12	近畿圏の土地利用図 (1991 年)	23
図 2.13	近畿圏の土地利用図 (1996 年)	24
図 2.14	近畿圏の標高図	25
図 2.15	近畿圏の傾斜図	26
図 2.16	最寄駅から大阪 (梅田) 駅までの所要時間 (分)	28
図 2.17	最寄駅までの所要時間 (分)	28
図 2.18	大阪 (梅田) 駅までの全所要時間 (分)	29
図 2.19	大阪 (梅田) 駅までの距離 (km)	29

第 3 章

図 3.1	$s = t + k$ で表現されるメッシュ s の近傍	39
図 3.2	パラメータの範囲	44
図 3.3	研究対象地域 (阪神地区)	45

図 3.4	阪神地区の土地利用図 (1976 年)	48
図 3.5	阪神地区の土地利用図 (1987 年)	49
図 3.6	阪神地区の土地利用図 (1991 年)	50
図 3.7	TIN のデータ構造	51
図 3.8	Bilinear 補間の方法	52
図 3.9	阪神地区の標高図	53
図 3.10	阪神地区の傾斜図	54
図 3.11	安定地点の分布	60
図 3.12	農地 (R1) の連担性 (SAF の 3 次元表示)	63
図 3.13	農地 (R1) の連担性 (SAF の 2 次元表示)	63
図 3.14	農地 (R2) の連担性 (SAF の 3 次元表示)	63
図 3.15	農地 (R2) の連担性 (SAF の 2 次元表示)	63
図 3.16	R1 と R2 における SAF の値の比較 (農地)	63
図 3.17	農地 (R1) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	64
図 3.18	農地 (R1) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	64
図 3.19	農地 (R2) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	64
図 3.20	農地 (R2) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	64
図 3.21	R1 と R2 における SCF の値の比較 (農地と林地)	64
図 3.22	農地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	65
図 3.23	農地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	65
図 3.24	農地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	65
図 3.25	農地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	65
図 3.26	R1 と R2 における SCF の値の比較 (農地と宅地)	65
図 3.27	農地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	66
図 3.28	農地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	66
図 3.29	農地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	66
図 3.30	農地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	66
図 3.31	R1 と R2 における SCF の値の比較 (農地とその他)	66
図 3.32	林地 (R1) の連担性 (SAF の 3 次元表示)	68
図 3.33	林地 (R1) の連担性 (SAF の 2 次元表示)	68

図 3.34	林地 (R2) の連担性 (SAF の 3 次元表示)	68
図 3.35	林地 (R2) の連担性 (SAF の 2 次元表示)	68
図 3.36	R1 と R2 における SAF の値の比較 (林地)	68
図 3.37	林地 (R1) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	69
図 3.38	林地 (R1) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	69
図 3.39	林地 (R2) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	69
図 3.40	林地 (R2) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	69
図 3.41	R1 と R2 における SCF の値の比較 (林地と農地)	69
図 3.42	林地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	70
図 3.43	林地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	70
図 3.44	林地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	70
図 3.45	林地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	70
図 3.46	R1 と R2 における SCF の値の比較 (林地と宅地)	70
図 3.47	林地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	71
図 3.48	林地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	71
図 3.49	林地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)	71
図 3.50	林地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)	71
図 3.51	R1 と R2 における SCF の値の比較 (林地とその他)	71

第 4 章

図 4.1	重み w_{ij} と距離 d_{ij} の関係	78
図 4.2	重み W_{ij} と定数 β の関係	79
図 4.3	研究対象地域 (北河内地域)	81
図 4.4	北河内地域の土地利用図 (1974 年)	84
図 4.5	北河内地域の土地利用図 (1979 年)	84
図 4.6	北河内地域の土地利用図 (1985 年)	85
図 4.7	北河内地域の土地利用図 (1991 年)	85
図 4.8	農地面積の分布図	88
図 4.9	傾斜図	88

図 4.10	最寄駅までの所要時間の分布図	88
図 4.11	農地の安定地点の分布図 (単位区画内の安定地点面積率)	88
図 4.12	CV 値と β	89
図 4.13	R^2 値の分布図	90
図 4.14	農地面積のパラメータの分布図	90
図 4.15	傾斜のパラメータの分布図	91
図 4.16	最寄駅までの所要時間のパラメータの分布図	91

第 5 章

図 5.1	研究対象地域 (大阪府)	94
図 5.2	農振白地メッシュデータの作成方法	96
図 5.3	農振地域と農用地区域(1978 年)	96
図 5.4	農振地域と農用地区域(1984 年)	96
図 5.5	農振地域と農用地区域(1992 年)	96
図 5.6	3 時点間農振白地内土地利用メッシュデータの作成方法	97
図 5.7	3 時点間農振白地の土地利用図(1979 年)	98
図 5.8	3 時点間農振白地の土地利用図(1985 年)	99
図 5.9	3 時点間農振白地の土地利用図(1991 年)	100
図 5.10	調整区域(1978 年)	102
図 5.11	調整区域(1984 年)	102
図 5.12	調整区域(1992 年)	102
図 5.13	3 時点間調整区域の土地利用図(1979 年)	103
図 5.14	3 時点間調整区域の土地利用図(1985 年)	104
図 5.15	3 時点間調整区域の土地利用図(1991 年)	105
図 5.16	3 時点間農振白地の「田」の転用先	109
図 5.17	3 時点間調整区域の「田」の転用先	109
図 5.18	農振白地の「田」の分布 (1979 年)	111
図 5.19	農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1979-85 年)	111

図 5.20	農振白地の「田」の分布 (1985 年)	112
図 5.21	農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1985-91 年)	112
図 5.22	3 時点間農振白地の「畑・その他の用地」の転用先	113
図 5.23	3 時点間調整区域の「畑・その他の用地」の転用先	113
図 5.24	農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1979 年)	115
図 5.25	農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他 の用地」の分布 (1979-85 年)	115
図 5.26	農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1985 年)	116
図 5.27	農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他 の用地」の分布 (1985-91 年)	116

【表リスト】

第2章

表 2.1	土地利用区分の定義（国土数値情報，1987年）	10
表 2.2	国土数値情報土地利用区分の変遷	11
表 2.3	土地利用データファイルのフォーマット	17
表 2.4	土地利用区分の定義（細密数値情報）	20
表 2.5	調査実施時期一覧（近畿圏）	21

第3章

表 3.1	阪神地区の構成（出典 全国市町村要覧 1994年）	45
表 3.2	土地利用区分の分類（1/10細分区画土地利用）	46
表 3.3	阪神地区の土地利用メッシュ数の推移	46
表 3.4	土地利用遷移行列（1976-87年）	47
表 3.5	土地利用遷移行列（1987-91年）	47
表 3.6	土地利用遷移行列（1976-91年）	47
表 3.7	傾斜・標高区分別メッシュ数（農地，1976年）	56
表 3.8	傾斜・標高区分別メッシュ数（農地，1987年）	56
表 3.9	傾斜・標高区分別メッシュ数（農地，1991年）	56
表 3.10	傾斜・標高区分別 r_i の値（農地）	56
表 3.11	傾斜・標高区分別 p_{ii} の値（農地）	56
表 3.12	傾斜・標高区分別 a_i の値（農地）	56
表 3.13	傾斜・標高区分別メッシュ数（林地，1976年）	57
表 3.14	傾斜・標高区分別メッシュ数（林地，1987年）	57
表 3.15	傾斜・標高区分別メッシュ数（林地，1991年）	57
表 3.16	傾斜・標高区分別 r_i の値（林地）	57
表 3.17	傾斜・標高区分別 p_{ii} の値（林地）	57

表 3.18	傾斜・標高区分別 a_i の値 (林地)	57
表 3.19	傾斜・標高区分別メッシュ数 (宅地, 1976 年)	58
表 3.20	傾斜・標高区分別メッシュ数 (宅地, 1987 年)	58
表 3.21	傾斜・標高区分別メッシュ数 (宅地, 1991 年)	58
表 3.22	傾斜・標高区分別 r_i の値 (宅地)	58
表 3.23	傾斜・標高区分別 p_{ii} の値 (宅地)	58
表 3.24	傾斜・標高区分別 a_i の値 (宅地)	58
表 3.25	傾斜・標高区分別メッシュ数 (その他, 1976 年)	59
表 3.26	傾斜・標高区分別メッシュ数 (その他, 1987 年)	59
表 3.27	傾斜・標高区分別メッシュ数 (その他, 1991 年)	59
表 3.28	傾斜・標高区分別 r_i の値 (その他)	59
表 3.29	傾斜・標高区分別 p_{ii} の値 (その他)	59
表 3.30	傾斜・標高区分別 a_i の値 (その他)	59

第 4 章

表 4.1	北河内地域の構成 (出典 全国市町村要覧 1994 年)	81
表 4.2	北河内地域の土地利用メッシュ数の推移	82
表 4.3	土地利用遷移行列 (1974-79 年)	83
表 4.4	土地利用遷移行列 (1979-85 年)	83
表 4.5	土地利用遷移行列 (1985-91 年)	83
表 4.6	土地利用遷移行列 (1974-91 年)	83
表 4.7	回帰分析結果	86

第 5 章

表 5.1	使用した 3 時点の空間データ	94
表 5.2	3 時点間農振白地の土地利用メッシュ数の推移	107
表 5.3	3 時点間調整区域の土地利用メッシュ数の推移	108
表 5.4	農振白地の「田」の分布 (1979 年)	111

表 5.5	農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1979-85 年)	111
表 5.6	農振白地の「田」の分布 (1985 年)	112
表 5.7	農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1985-91 年)	112
表 5.8	農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1979 年)	115
表 5.9	農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他の 用地」の分布 (1979-85 年)	115
表 5.10	農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1985 年)	116
表 5.11	農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他の 用地」の分布 (1985-91 年)	116

第1章 緒論

1.1 研究の目的

おおよそ1970年までの高度経済成長の中、都市やその周辺の土地は無秩序に開発されてきた。近年では経済の低成長時代を迎え、地球資源の有限性や各種の環境問題、食料危機への不安などから食や農への関心が高まりつつある。また物の豊かさから心の豊かさへの意識変化の中で、農地が持つ環境保全機能・生態系保全機能・景観保全機能などの多面的機能に対する評価も高まりつつある。優良農地の保全には土地利用計画による制御が有効であるが、都市計画の線引きにおいても市街化調整区域内で合法的な乱開発・農地転用が行われてきたことが指摘されている。実効性のある計画制御を図るためには、農地転用の実態とその要因を、広域的・長期的に明らかにする必要がある。これまでも集計された土地利用の統計情報を用いた研究はなされてきたが、データの性質から行政界や農業集落等の集計単位での量的な分析に留まり、土地利用の空間分布を説明・予測するには至っていない。

近年の土地利用研究で特筆すべきは、地理情報システム(Geographic Information System, 以下 GIS)が、重要な役割を果たしていることである。これまでは、分析結果を地図に表示する作業だけでも膨大な時間と労力を費やしていた。GISはこれらの作業を容易にすると共に、空間分析の強力なツールとして研究への応用範囲が広がっている。そして、GISへの関心が高まると同時に、国土基盤の様々な空間データが整備され、特に広域的な地域を対象として土地利用研究を行う場合には、空間データの利用は欠かせない。

わが国の土地利用に関する代表的な空間データとして、国土数値情報と細密数値情報のメッシュデータがある。国土数値情報は、メッシュの一辺が約1kmの大きさと詳細な分析にはやや適さないものの日本全域について整備されている。後者は一辺が10mであり、詳細な分析に適しているが、首都圏、中部圏、近畿圏の3大都市圏にしか整備されていない。また、投影法やメッシュサイズの違いから、両者を同時に扱い比較を行うことはきわめて難しく、同定誤差の影響を検討する

必要もあるので、目的に応じ利用者が適切なメッシュデータを選択し、分析することが望ましい。

しかし、GIS と空間データの利用可能性は高まりつつあるものの、土地利用の空間分析を広域かつ詳細に行った研究は少なく、いまだに空間データの特徴を十分に活かしきれていない。

本論では、国土数値情報と細密数値情報のメッシュデータを利用し、都市近郊農地の複雑な空間分布特性に関して、空間データの持つ空間相関や地域特性、そして土地利用計画の効果について分析する。これにより、計画的制御を図る上で有効な、詳細な土地利用予測モデル構築への基礎となる定量的研究を行うことを目的とする。

1. 2 本論文の構成

以上のような見地から、本論文は、以下に示す構成をとる。

第2章「空間分析手法におけるメッシュデータの適用可能性」では、国土数値情報と細密数値情報のメッシュ区分の方法、土地利用および地形データの詳細を示し、それぞれの特徴と空間分析に対する適用可能性を明らかにする。さらに、既往研究のレビューから本研究の解くべき課題を具体的に示す。

第3章「空間相関分析法を用いた土地利用の空間分布分析」では、国土数値情報の1/10細分区画土地利用メッシュデータを用いて、データの測定問題やデータ間の外部効果・波及効果のために発生するデータサンプルの間の相関により、土地利用の分布形態の特性（連担性、排斥性）を定量化する。さらに、土地利用の分布形態の特性と土地利用変化との関連について分析を行う。

第4章「地理的重み付け回帰による土地利用モデルの構築」では、地域内の土地利用構造の空間変動を捉えることのできる「地理的重み付け回帰」を紹介し、細密数値情報の10m土地利用メッシュデータを用いて分析を行う。土地利用構造の空間変動を把握することができない一般的な重回帰分析と比較して、「地理的重み付け回帰」の有用性を示し、さらに、得られたパラメータから地域構造の差異を明らかにする

第5章「農振白地の土地利用変化動向」では、都市近郊農地における農振白地

の広域的な土地利用変化動向を分析する。都市部における土地利用変化は、ゾーニングによる土地利用制御の影響が大きく、この影響を定量的に捉えることが重要であるという視点から、土地利用計画図を GIS データベース化し、細密数値情報 10m 土地利用メッシュデータを使用して、オーバーレイによる空間解析を行う。

第 6 章「結論」では、各章の研究の総括を行い、地域計画における土地利用の空間分析の課題、および可能性と展望について述べる。

第2章 空間分析におけるメッシュデータの適用可能性

地図情報を計算機により管理するアイデアは、1960年代にアメリカやカナダで考案され、日本では1960年代後半に研究が開始された。当初は計算機能力の関係もあり、地表をほぼ正方形に切ったメッシュについて地理情報を数値化し、その利用可能性が検討された。その後、メッシュ情報の有効性が理解され、個別に作成されたメッシュ情報を重ね合わせて利用する必要性から、日本全国についてのメッシュの定義が1972年に行政管理庁（現総務省）から告示された。

1974年に国土庁（現国土交通省）に国土計画基礎調査費が予算化され、日本の数値地図データ整備が本格化した。平成2年度までは、国土庁の調整費を国土地理院、海上保安庁などのデータ作成機関に予算を移管して作成していたが、平成3年度からは、各省庁でデータを独自に作成することになり、国土庁でもデータの作成を行っている。

メッシュデータとは、地域をすき間なく一定の規則で網の目の区域に分け、それぞれの区域に関するデータを編成したものである。したがって、ほぼ同一の大きさ、および形状の区画を単位として区分されているので、メッシュ相互間の事象を計量的に比較しやすい。また、その位置や区画が固定されていることから、市町村などの行政区域の境界変更や地形、地物の変化などの影響を受けることなく、地域事象の時系列比較が容易になる。空間分析においては、その形状がほぼ正方形であることから位置の表示が明確であるため、距離に関連した分析やコンピュータによる地図化が簡単にできるといった利点があげられる。

わが国の広域土地利用の代表的な数値情報には、国土数値情報と細密数値情報があげられる。これらは、土地利用地目の区分や、調査年度、メッシュの位置やサイズなどが異なり、相互利用には複雑な作業を伴い、同定作業によるデータ精度の検討も難しい。分析対象の範囲、利用目的に応じて使い分ける必要がある。

本章では、第2章で使用する国土数値情報と、第3章と第4章で使用する細密数値情報（近畿圏^{*1}）のメッシュ区分の方法や、メッシュサイズなどの特徴を示

^{*1} 近畿圏整備法に基づく規制市街地およびその近郊整備地帯を中心とする地域

し、土地利用データを始めとして、第2章以降で実際に分析に使用したその他の属性データについても紹介する。さらに、これまでの土地利用研究における空間分析手法の流れをまとめ、国土数値情報と細密数値情報に対する適用可能性を検討し、本論で解くべき課題を明らかにする。

2.1 国土数値情報の概要

国土数値情報は、国土に関する諸計画策定事業実施のための基礎資料の提供を目的として、陸域については日本全域をカバーし、地形、水系、土地利用、地域指定、地価等を基本的な数値情報として整備したものである。1981年には一通りのデータが整備され、その後、経年変化によるデータの更新が1990年まで行われている。1991年からは一部の基礎的な項目を対象に更新を継続している。

整備された情報は、国土の自然条件に関するものとして標高、起伏量、傾斜、地形分類、表層地質、土壌、谷密度、河川、流域等があり、社会的なものとしては行政界、都市計画等各種地域指定、文化財分布、土地利用、道路・鉄道、地価等がある。これらの情報は、原則的に縮尺2万5千分の1地形図をベースにして位置の計測が行われている。データ形式は、ベクター型（ポイント、ライン、ポリゴン等）のものと、ラスター型（メッシュ等）のものがある。土地利用データは後者の形式を取り、複雑な階層的構造を持っている。以下に、国土数値情報のメッシュデータの形式について説明する。

2.1.1 メッシュの区分方法

行政管理庁告示143号「統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュコード」に基づく標準地域メッシュを用いて、国土数値情報のメッシュデータは作成されている。この告示では標準地域メッシュを「基準地域メッシュ」、「分割地域メッシュ」、および「統合地域メッシュ」の3種類と定めており、国土数値情報の各種データの多くは、基準地域メッシュ単位で集計されている。この区画は、緯度の間隔が30秒、経度の間隔が45秒、一辺の長さが約1kmとなっており、階層的な地域区画で分割されている。第1次地域区画と呼ばれる緯度を北緯20度から40分間隔、経度を東経122度から1度間隔の区画が日本の陸域をすべてカ

ーし (図 2.1), これを縦横に 8 等分したものが第 2 次地域区画となる。そして第 2 次地域区画を縦横に 10 等分した区画が基準地域メッシュ (第 3 次地域区画) となり, すべてのメッシュの区画において位置を表すメッシュコードが付せられている。基準地域メッシュのメッシュコードは 8 桁からなっている。最初の 4 桁は, 第 1 次区画のメッシュコードを示しており, このうちの上 2 桁は当該区画の南端緯度を 1.5 倍した値で, 下 2 桁は西端経度の下 2 桁と同じ値として定義されている。次の 2 桁は, 第 2 次地域区画を特定するもので, このうちの上 1 桁は第 1 次地域区画の縦の等分区画に南から 0~7 の番号を付け, これをそれぞれの区画を示す数字とし, 下 1 桁は第 1 次地域区画の横の等分区画に西から 0~7 の番号を付け, これをそれぞれの区画を示す数字とし, 併せて第 2 次地域区画のメッシュコードとなる。最後の 2 桁は, 第 3 次地域区画を特定するもので, このうちの上 1 桁は第 2 次地域区画の縦の等分区画に南から 0~9 の番号を付け, これをそれぞれの区画を示す数字とし, 下 1 桁は第 2 次地域区画の横の等分区画に西から 0~9 の番号を付け, これをそれぞれの区画を示す数字とし, 併せて基準地域メッシュ (第 3 次地域区画) のメッシュコードとなる。(図 2.2)。

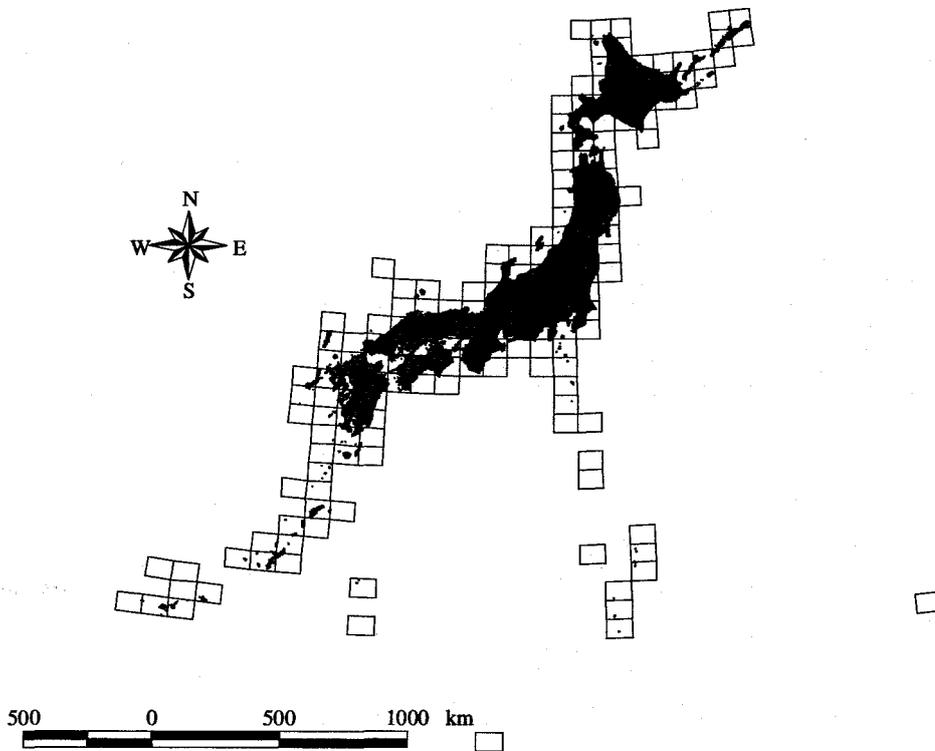
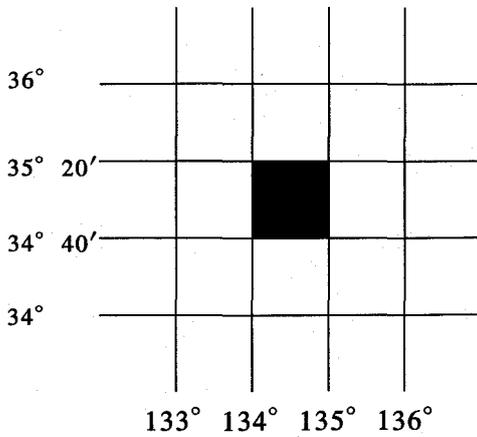


図 2.1 標準地域メッシュの第 1 次地域区画

第1次地域区画



例えば、Aのメッシュコードは

5 2 3 5

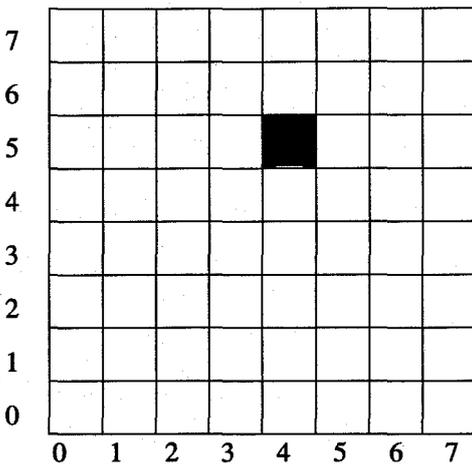
$$52 : 34^\circ 40' \times 1.5 = 52$$

(南端緯度の1.5倍)

$$35 : 134 - 100 = 34$$

(西端緯度の下2桁)

第2次地域区画



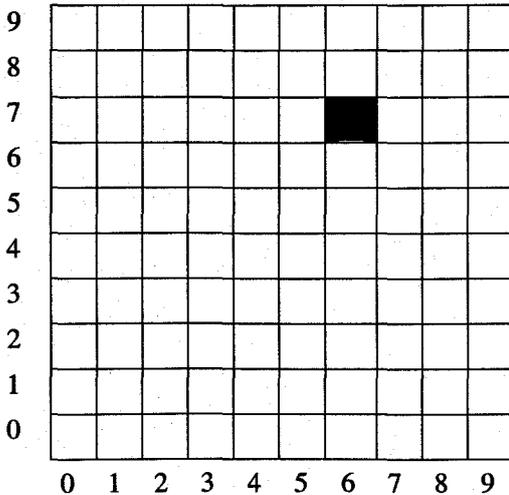
例えば、Bのメッシュコードは

5 2 3 5 - 5 4

5235 : 第1次地域区画を示すコード

54 : 第2次地域区画を示すコード

基準地域メッシュ (第3次地域区画)



例えば、Cのメッシュコードは

5 2 3 5 - 5 4 - 7 6

5235 : 第1次地域区画を示すコード

54 : 第2次地域区画を示すコード

76 : 第3次地域区画を示すコード

図 2.2 基準地域メッシュの位置とメッシュコードの付け方

基準地域メッシュの形は、一辺がほぼ 1km の正方形といわれているが、実際には、やや横長の長方形となっている。また、基準地域メッシュの面積は、地球上のどこにあるかによって大きさが異なり、たとえば、札幌市における基準地域メッシュの東西方向の長さは 1,018m であるのに対し、那覇市における基準地域メッシュは 1,249m で、その差は 231m にもなる。一方、南北方向の長さは、札幌市の基準地域メッシュの 926m に対し、那覇市の基準地域メッシュが 923m となっており、3m の差しかない。したがって、面積を求めると、札幌市の基準地域メッシュが約 943,000 m²、那覇市の基準地域メッシュが約 1,153,000 m²と、那覇市の基準地域メッシュの方が札幌市の基準地域メッシュに比べて約 1.2 倍大きくなる。そのため、広域的なスケールで分析を行う際にはメッシュ面積が地域によって異なることに留意しなくてはならない。

また、基準地域メッシュをさらに細分化したラスタ形式で整備されているデータもある。図 2.3 に基準地域メッシュ内の 1/10 細分区画土地利用の位置を示す。これは一辺が約 100m の区画であり、一般に 100m メッシュデータとも呼ばれ、区画内で最大面積を占める土地利用がコード番号で記されている。このデータは、基準地域メッシュ区画単位にデータを扱う場合には便利であるが、縮尺 2 万 5 千分の 1 の地図に対応する 2 次メッシュ単位でみると、データの並びが複雑となり、さらに 1 次メッシュ区画単位でみると相当複雑になる。なお、GIS データベース化する際に、国土数

値情報のデータは、もともとの第 1 次地域区画が正方形ではないため、直接グリッドフォーマットに変換すると面積の誤差が大きいことに留意しなければならない。

90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09

図 2.3 基準地域メッシュ内での 1/10 細分区画の配置

2.1.2 土地利用メッシュデータ

土地利用データの判別には自動色彩判別法が用いられている。この方法は、2万5千分の1地形図上で表2.1の基準で土地利用現況を分類し、分類ごとに色鉛筆で塗り分けた計測基図をカラーキャナーで読み取る。読み取りピッチは0.4mmであり、0.4mm×0.4mmの画素データが得られる。一般に、2万5千分の1の地形図の各図葉は、投影位置の違いにより、その図郭の大きさが少しずつ異なる。したがって、その中の画素数も図葉によって異なる。そこで本データでは、

表 2.1 土地利用区分の定義（国土数値情報，1987年）

No	区分	細区分	定義
1	田	田	湿田，乾田，沼田，蓮田および田をいい，季節により畑作物を栽培するものを含む
2	畑	畑	麦，陸稲，野菜等を栽培する土地をいい，牧草を栽培する草地，芝地等を含む
		空地（一部）	家屋周辺の樹木とその他の植物の存しない土地をいう（明確に空地と判断できるものは畑としない）
3	果樹園	果樹園	りんご，梨，桃，ブドウ等の果樹を栽培する土地をいう
4	その他の樹木畑	桑畑，茶畑	桑，または茶を栽培する土地をいう
		その他	桐，はぜ，こうぞ，しゅろ等を栽培する土地および苗木畑
5	森林	広葉樹林・竹林・針葉樹林・しゅろ科樹林	高さ2m以上の多年生植物の密生している地域を言う。ただし，植林地帯等においては，樹の高さが2m以下であっても森林とする。
		はい松地	はい松，または，はい松の成育している土地
6	荒地	篠地	高さ2m以下の竹，笹の密生している土地
		荒地	雑草地，裸地等をいい，湿地，沼地等で水草が点々と生えている地域を含む
		崖（土・岩）	土砂の崩壊等によってできた急斜面をいい，人工的に作られた急斜面を含む
		岩	その上部を地表に露出する岩石および地上に散在する岩石等をいう
		万年雪	平均並みの気候状態にあって積雪が残雪もしくは氷塊として越冬するもの
		湿地	常に水を含んだじめじめした土地で，雨期には水をたたえるところをいい，沼地等を含む
		再鉱地	現に鉱物を採掘している場所
7	建物用地	総描建物	住宅地，市街地等で建物が密集していて個々の区別が付きにくい場合，これを総描して表示した建物
		独立建物／大	工場，学校等個々の区別がつけられるもの，または区別する必要のある建物（長辺50m以上）
		高層建物	3階以上の独立建物
		住宅団地	住宅団地（長辺50m以上）は街区全域を計上
		建物類似の構築物	飛行場の格納庫，倉庫，市場，競技場の観覧席，畜舎，温室，側壁のない建物，鉄道，道路の雪おおい場等の建物
		独立建物／小	長辺50m以下の独立建物
		2戸以上の家屋	2戸以上の独立建物（小）が近隣（相互間隔13m未満）しているときは総括して計上する
9	幹線交通用地	鉄道	鉄道，駅舎，操作場，側線等の鉄道上関連する敷地
		道路	幅員11m以上の記号道路，幅員25m以上の真幅道路，幹線道路に付随するインターチェンジ，駐車場等の用地
10	その他の用地	空地	家屋の周辺の樹林，その他の植物等の存しない土地をいい，学校や工場の敷地，港湾地区，人工造成地等の空地を含む
		その他	ゴルフ場，運動競技場，空港，競馬場，野球場等の特定地区で，建物および水部を除く部分
11	内水地	湖沼・池	自然湖，人造湖，池，養魚場等で平水時において常に水をたたえているところ（河川区域内の人工湖は含まない）
		河川敷（人工利用地は除く）	河川区域の河川敷（低水・高水敷，堤防，河川管理施設等）および地形図による河川敷人工利用地は含まない
		河川敷内の人工利用地	河川敷内にある区分1，2，3，4，7，である区域および荒地および用途が判断できない空地を除く地域
14	海浜	海浜	海岸に接する砂，れき，岩の区域
15	海水域	海水域	隠頭岩，干潟は海水域，海水域の水面利用も海水域，シーバースも含む

図郭の上辺・下辺，左辺・右辺をそれぞれ 1,000 等分した正規化画素を定義し，それらに色彩コードを与えている。これは，3 次メッシュの 1/100 細分区画（10m メッシュ）に相当する。国土数値情報の「1/10 細分区画土地利用データ」とは，これを原データとし，3 次メッシュの 1/10 細分区画（100m メッシュ）ごとに卓越する土地利用を求め作成されている。

土地利用メッシュデータは，過去 3 時点（1976 年，87 年，91 年）において，メッシュデータが整備されている。土地利用区分については各年で見直しが行われ，地目数は 1976 年の 15 種から 91 年の 11 種に減少している（表 2.2）。3 時点の日本全国の土地利用図を示す（図 2.4~2.6）。

表 2.2 国土数値情報土地利用区分の変遷

1976 年	1987 年	1991 年
田	田	田
畑	畑	畑
果樹園	果樹園	
その他の樹木畑	その他の樹木畑	
森林	森林	森林
荒地	荒地	荒地
建物用地 A	建物用地	建物用地
建物用地 B		
幹線交通用地	幹線交通用地	幹線交通用地
その他の用地	その他の用地	その他の用地
		ゴルフ場
湖沼	内水地	湖沼
河川地 A		
河川地 B		
海浜	海浜	海浜
海水域	海水域	海水域

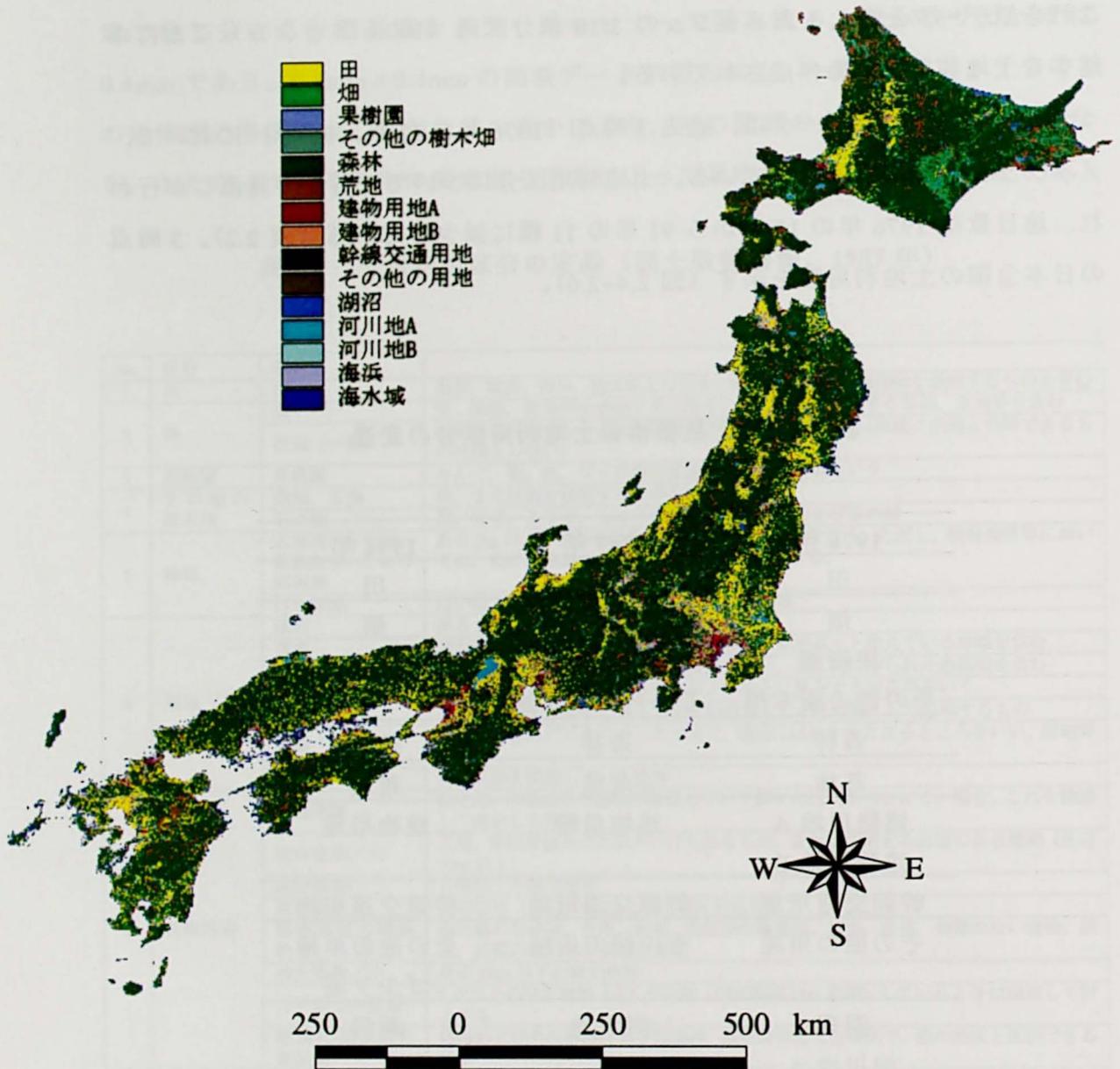


図 2.4 日本全国の土地利用図 (1976 年)

注) 紙面の都合上, 沖縄, 伊豆諸島は省略した。

2.1.3 自然地理マップ

国土利用情報の日次更新マップに付随して、国土利用情報・土地利用の現状を、土地利用の現状を把握するための土地利用図を作成した。本図は、土地利用の現状を把握するための土地利用図を作成した。

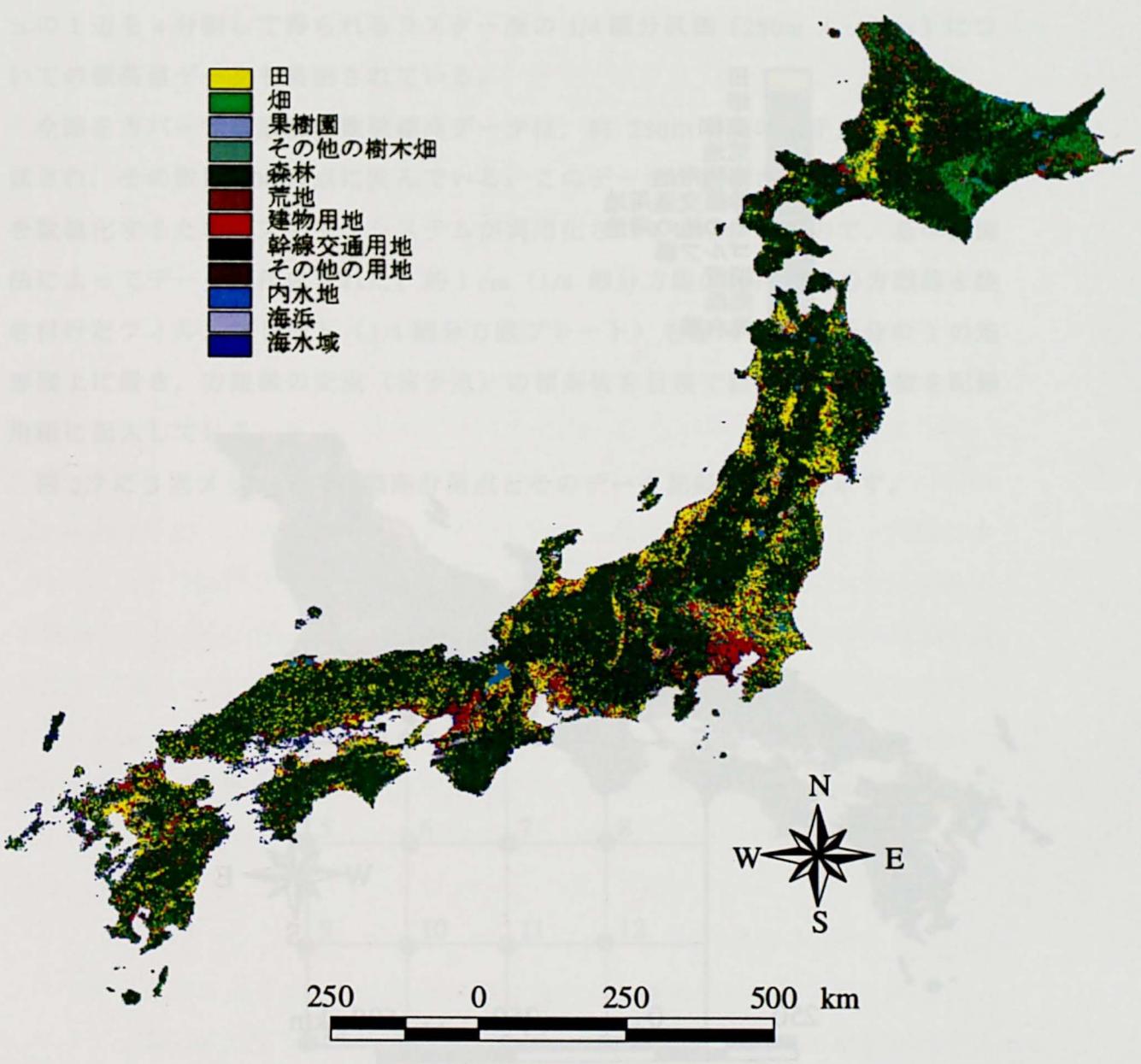


図 2.5 日本全国の土地利用図 (1987 年)

注) 紙面の都合上、沖縄、伊豆諸島は省略した。

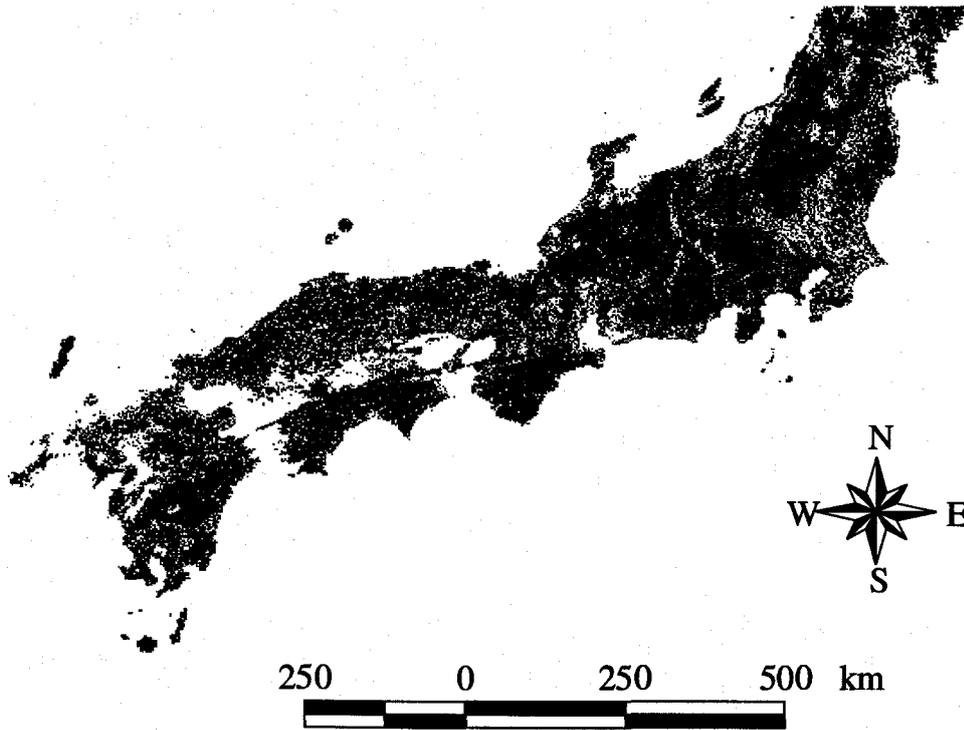
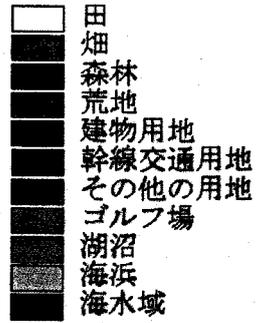


図 2.6 日本全国の土地利用図 (1991 年)

注) 紙面の都合上、沖縄、伊豆諸島は省略した。また、北海道、および東北の一部は土地利用データが未整備である。

2.1.3 自然地形メッシュデータ

国土数値情報の自然地形メッシュデータには基準地域メッシュ内の平均標高、最高標高、最低標高などが記されている。また、各メッシュには基準地域メッシュの1辺を4分割して得られるラスタ型¹の1/4細分区画(250mメッシュ)についての標高値データも格納されている。

全国をカバーする最初の数値標高データは、約250m間隔の格子点について作成され、その数は600万点に及んでいる。このデータが整備された当時は、地図を数値化するためのスキャナシステムが実用化されていなかったため、基準区画法によってデータが作成された。約1cm(1/4細分方眼区画)間隔の方眼線を焼き付けたフィルムプレート(1/4細分方眼プレート)を縮尺2万5千分の1の地形図上に置き、方眼線の交点(格子点)の標高値を目視で読み取りその値を記録用紙に記入している。

図2.7に3次メッシュ内の標高計測点とそのデータ記録の順序を示す。

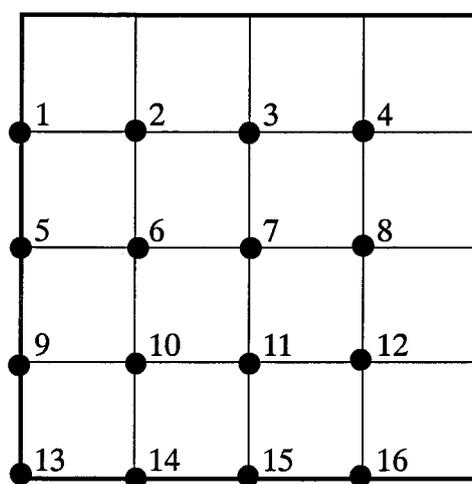


図 2.7 基準地域メッシュ内での1/4細分区画の配置

2.2 細密数値情報の概要

細密数値情報は、1981年以來、三大都市圏（首都圏、近畿圏、中部圏）を対象に実施されている宅地利用動向調査により得られたデータである。

宅地利用動向調査は、宅地関係情報の体系的整備の一環として、宅地需給の逼迫している三大都市圏の主要部を対象に、宅地等の利用現況とその変化状況を10mメッシュの土地利用に関する数値情報として整備し、今後の宅地関連政策の総合展開に必要な基礎資料を得る目的で行われているものである。調査実施機関は建設省国土地理院である

この調査は、1981・82年度に首都圏、83年度に近畿圏、84年度に中部圏を対象に実施され、その後はおよそ5年おきにデータの更新が行われている。

細密数値情報のデータは、都市計画基図を縮小して作成した縮尺1万分の1の地図（一部地域は2万5千分の1）上に、カラー写真や、土地利用基本計画図および防災・保全の規制現況図等、土地に関する各種資料を用い、土地利用現況、土地利用変化、土地利用規制区域等の調査事項に対応した計測図を作成した後、スキャナーあるいはデジタイザを使用して数値化されたものである。

数値化されたデータは、正規化、ノイズ処理等を行った後、10mあるいは100mメッシュの詳細な単位のデータとして、調査テーマごとに収録されている。

なお、本論は第4章、および第5章で細密数値情報の近畿圏データを使用するので、以下に近畿圏データの詳細について説明する。

2.2.1 メッシュの区分方法

近畿圏データは、近畿圏整備法に基づく既成都市区域及び近郊整備区域を中心とする近畿圏の主要部約3,600km²の地域を調査対象地域^{*2}（図2.8）にしている。

測量法（準拠楕円体はベッセル楕円体、採用座標系は東京測地系）及び昭和43年建設省告示第3059号に定める平面直角座標系に準拠しており、第VI系（第VI系の原点は、北緯36度0分0.0000秒、東経136度0分0.0000秒）の座標値を使用している。土地利用データファイルは、テキスト形式になっており、10m×10mの

^{*2}第1時期は大阪府の南部地域の土地利用データが欠損している。

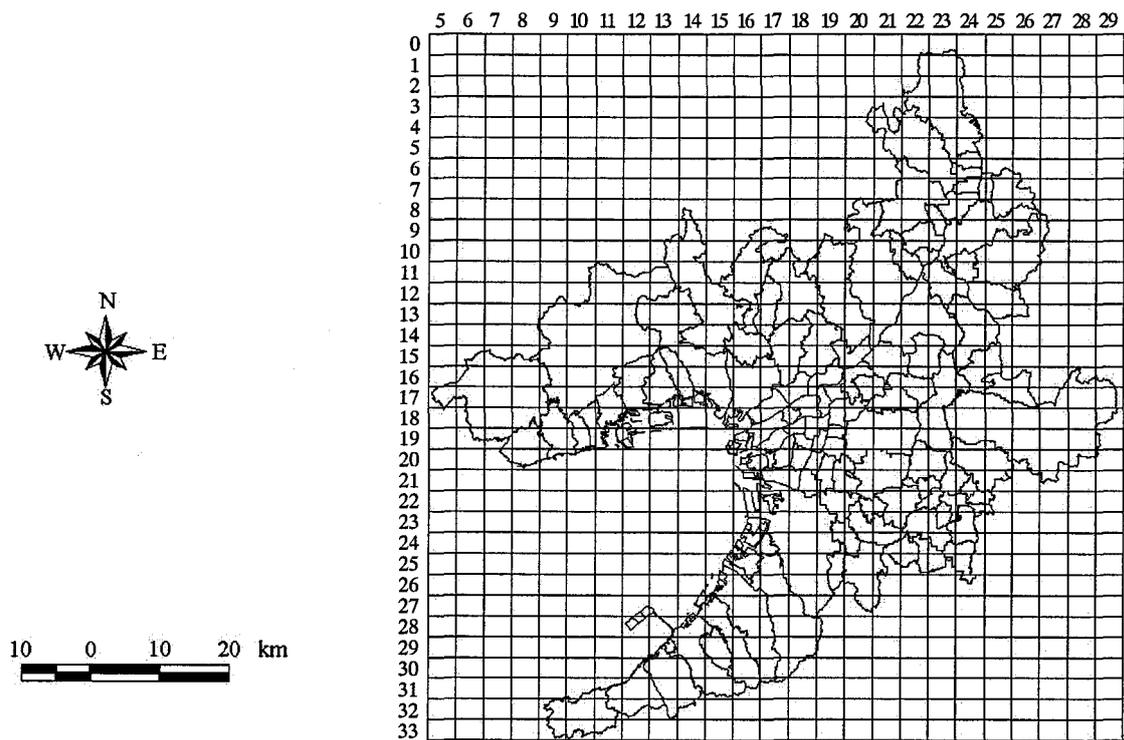


図 2.8 細密数値情報（近畿圏）の調査対象地域

範囲毎に土地利用分類を 2 桁の数字にコード化し、3km×4km(南北方向×東西方向) 単位を 1 ファイルとして編集整備されている。10m メッシュデータであるので、1 ファイルは南北方向に 300 等分、東西方向に 400 等分されており、左（西）から 400 個の分類コードを並べたものに ASCII の改行コードを加えたものを 1 ラインと呼び、このラインを上（北）から順に 300 ライン並べたものが 1 ファイルになる（表 2.3）。

表 2.3 土地利用データファイルのフォーマット

ファイル コード(4 桁)	ライン番 号(3 桁)	データ 1 (2 桁)	データ 2 (2 桁)	データ 3 (2 桁)	～	データ 399(2 桁)	データ 400(2 桁)
(例)0022	001	01	02	03	～	16	17
0022	002	01	02	03	～	16	17
～					～		
0022	300	01	02	03	～	16	17

ファイルコードは4桁の整数値で、(2.1)式により付与されている(X, Yの単位はkm)。

$$\text{ファイルコード} = ((-X' - 90) \div 3 \times 100) + ((Y' + 120) \div 4) \quad (2.1)$$

ただし、X', Y'は各ファイルに収められている区画の左上隅のX座標、およびY座標である。また上式より、ファイルコードの上2桁をNN、下2桁をnnとすれば、各区画の左上隅のX, Y座標は、次式により求められる。

$$X' = -(NN \times 3 + 90) \quad (2.2)$$

$$Y' = nn \times 4 - 120 \quad (2.3)$$

細密数値情報から必要なファイルをGISデータベース化するためにはプログラム(付録1)を作成し、(2.2), (2.3)式の通りにファイルコードからメッシュの座標を計算し、ASCIIラスタフォーマットに変換する必要がある。

ASCIIラスタフォーマットは、ARC/INFOやArc/Viewなどのさまざまなアプリケーションの間でラスタ・データを転送するのに使用するフォーマットであり、数行のヘッダ行とセル値の一覧が続いている。ヘッダ・データは以下のキーワードと値を含んでいる。

ncols	データセット内の列数
nrows	データセット内の行数
xllcenter または xllcorner	代表点のx座標(左下セルの左下隅のx座標)
yllcenter または yllcorner	代表点のy座標(左下セルの左下隅のy座標)
cellsize	データセットのセルサイズ
nodata_value	値のわからないセルにファイルで割り当てる値。このキーワードと値は省略することができる。 nodata_valueのデフォルト値は-9999。

(例)

ncols 4800

nrows 4500

xllcorner 378923

yllcorner 4072345

cellsize 10

nodata_value 17

11 3 12 7 3 4 2 5 17 15 1 6 2 etc

5 10 11 3 2 6 7 4 12 4 8 3 2 7 etc

データの最初の行はデータ・セットの一番上におき、左から右へ読まれ、セルの値はスペースで区切る必要がある。データ・セットの各行の終わりにキャリッジ・リターンの必要はない。新しい行の開始位置は、ヘッダのカラム数を使用して自動的に判断され、セル値の数は行数にカラム数をかけたものと一致する必要がある。

2.2.2 土地利用メッシュデータ

細密数値情報の中核である土地利用データの内容は、都市的土地利用に重点が置かれ、「宅地」を「工業用地」、「商業・業務用地」、「住宅地」に区分し、さらに、「住宅地」を「一般低層住宅地」、「密集低層住宅地」、「中高層住宅地」に3細分している。また、「造成地」の項では「空地」、「造成中地」を宅地利用予備地とし、「山林・荒地等」、「農地」とは区分され、居住地に重点を置いた16分類（海を含む）の区分が設定されている。このように宅地関連の土地利用は細分化されているため、都市部の複雑な土地利用構造を探るのに適している（表2.4）。その一方で、農業的土地利用については「田」、「畑・その他の用地」および「山林・荒

表 2.4 土地利用区分の定義（細密数値情報）

コード	分類区分		定義
01	農地・山林等	山林・荒地等	樹林地，竹林，篠地，笹地，野草地（耕作放棄地を含む），裸地，ゴルフ場等
02		田	水稲，蓮，くわいなどを栽培している水田（短期的な休耕田を含む）をいい，季節により畑作物を栽培するものを含む
03		畑・その他の用地	普通畑，果樹園，桑園，茶園，苗木畑，牧場，牧草地，採草放牧地，畜舎，温室等の畑及びその他の農地
04	造成地	造成中地	宅地造成，埋立等の目的で人工的に土地の改革が進行中の土地
05		空地	人工的に土地の整理が行われ，現在まだ利用されていない土地及び簡単な施設からなる野外駐車場，ゴルフ練習場，テニスコート，資材置場などを含む
06	宅地	工業用地	製造工場，加工工場，修理工場，採掘場，採石場，発電所，ガス製造工場などの用地をいい，工場に付属する倉庫，原料置場，生産物置場，厚生施設等も含む
07		一般低層住宅	3階以下の住宅用建物からなり，1区画あたり100㎡以上の敷地で，建物の密集していない住宅地をいい，農家の場合は屋敷林を含め1区画とする
08		密集低層住宅	3階建以下の住宅用建物からなり，1区画100㎡未満の敷地で，建物の密集している住宅地
09		中・高層住宅地	4階建以上の中高層住宅の敷地からなる住宅地
10		商業・業務用地	小売店舗，スーパー，デパート，卸売，飲食店，映画館，劇場，旅館，ホテル等の商店，娯楽，宿泊等のサービス業を含む用地及び企業の事務所，銀行，新聞社，放送局，流通施設，その他これに類する用地
11	設用地	道路用地	有効幅員4m以上の道路，駅前広場等で工事中，用地買収済の道路用地も含む
12		公園・緑地等	公園，緑地，動・植物園，墓地，寺社の境内地，遊園地等の公共的性格を有する施設及び，総合運動場，競技場，野球等運動競技を行うための施設用地
13		その他の公共施設用地	公共業務施設，教育文化施設，供給処理施設，社会福祉施設，鉄道用地，バス発着センター，車庫，港湾施設用地，空港等の用地
14		河川・湖沼等	河川（河川敷，堤防を含む），湖沼・溜池，養魚場，海浜地
15		その他	防衛施設，米軍基地，基地跡地，演習場，皇室に関係する施設及び居住地等
16		海	
17		対象地域外	
19		第1時期土地利用データなし	調査対象地域の変更によって第1時期データがなく，第2，3，4時期データがあるときの第1時期土地利用データ欄に記入されるコード

地等」の3区分しかなく、農地利用や耕作放棄地等の詳細な分析に用いることは難しい。

2000年現在において、首都圏、中部圏及び近畿圏とも過去4回の調査を実施している。近畿圏データの調査実施時期を表2.5に記す。ただし、第1回調査では1974年（第1時期）と1979年（第2時期）についての土地利用データを作成している。

表 2.5 調査実施時期一覧（近畿圏）

調査回	調査実施年度	土地利用調査基準年 ^{*3} (調査時期)	調査対象地域面積
第1回調査	1983年	1974年（第1時期）	3,339km ²
		1979年（第2時期）	3,546km ²
第2回調査	1987年	1985年（第3時期）	3,556km ²
第3回調査	1992-1993年	1991年（第4時期）	3,574km ²
第4回調査	1997-1998年	1996年（第5時期）	3,580km ²

データは、土地利用データと行政区域データから構成されている。ただし、行政区域データは土地利用データを行政単位で解析するための補助データとして添付されているもので、他の行政区域データまたは行政界データとは一致しないことがある。特に埋立地は、陸地と海の境を行政界として行政区域データを作成しているため、その地域がどの地方自治体の所属かということが正式に決定されていない陸地についても行政コードを割り当ててある。また、内陸部の行政界未定部分についても仮の行政界を設けて行政コードを割り当てている。

図 2.9～2.13 に 5 時点の近畿圏の土地利用図を示す。

^{*3} 調査基準年は、データがどの年次の土地利用状況を表しているかということを示しており、データ作成のために使用した空中写真の主な撮影年と補完情報作成年を勘案して決定されている。

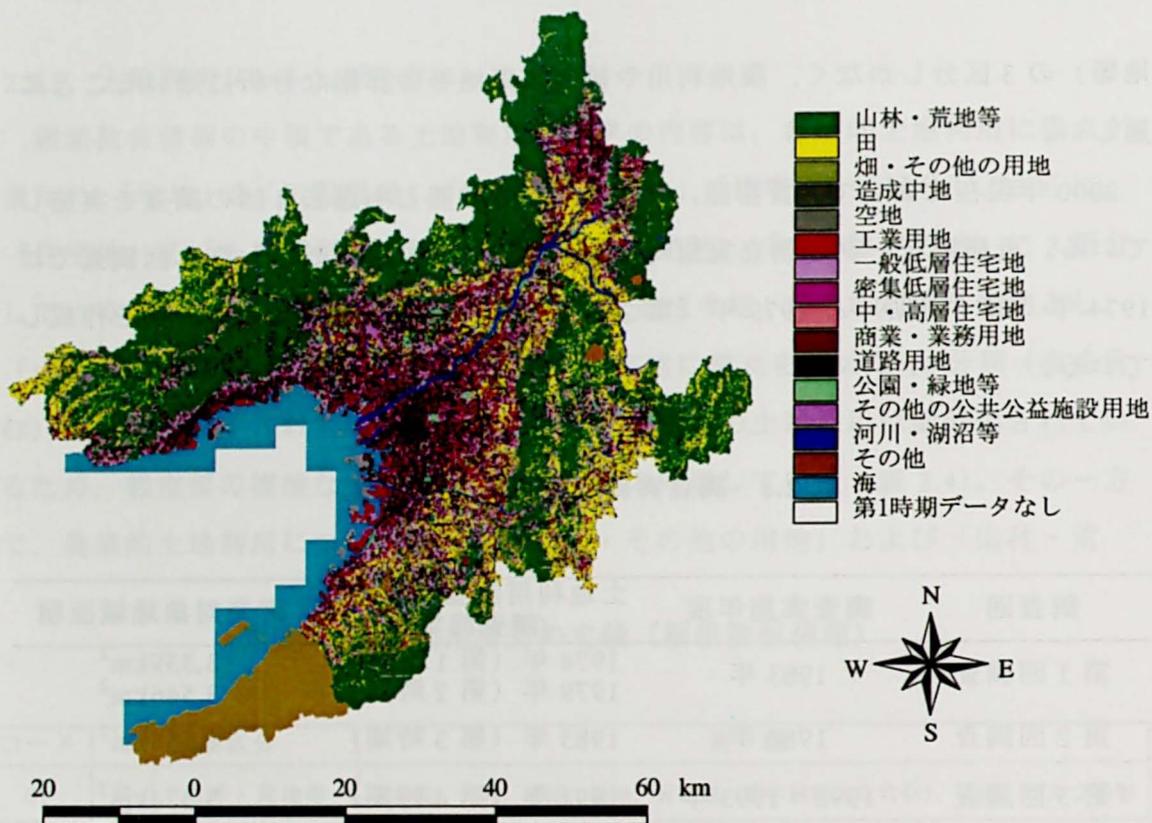


図 2.9 近畿圏の土地利用図 (1974 年)

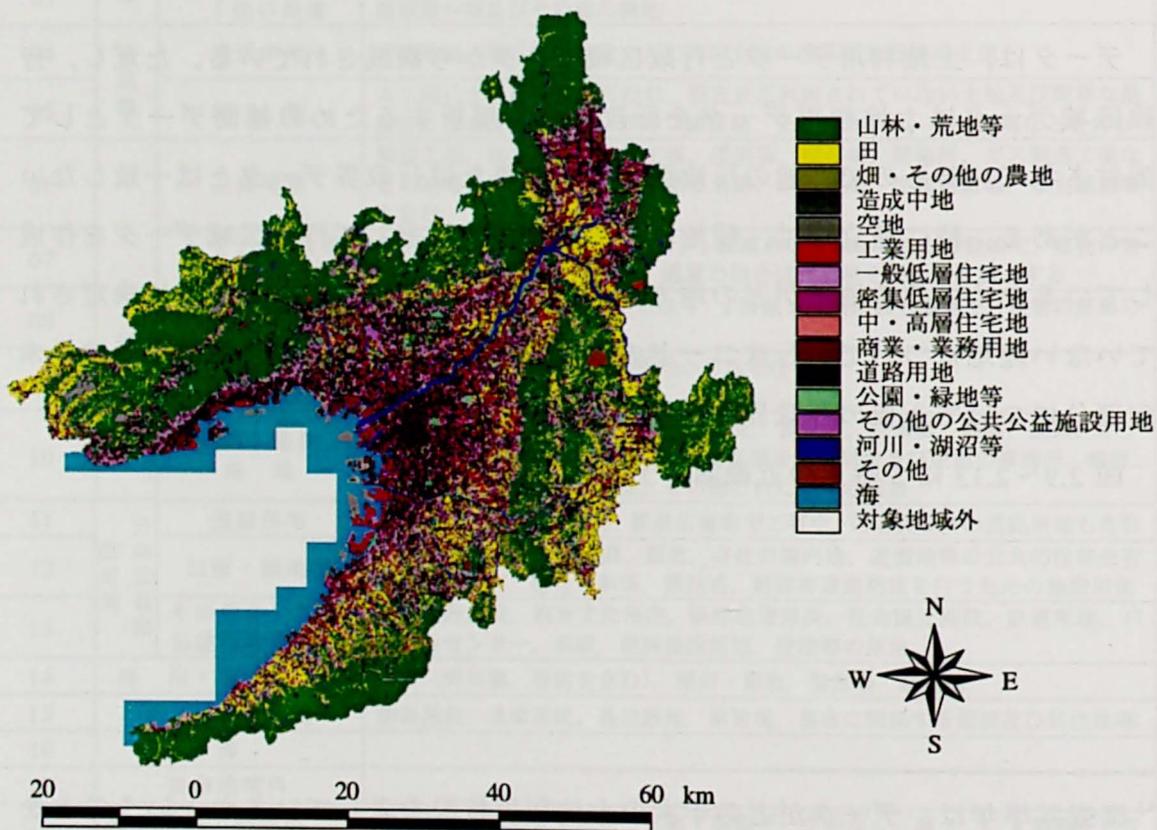


図 2.10 近畿圏の土地利用図 (1979 年)

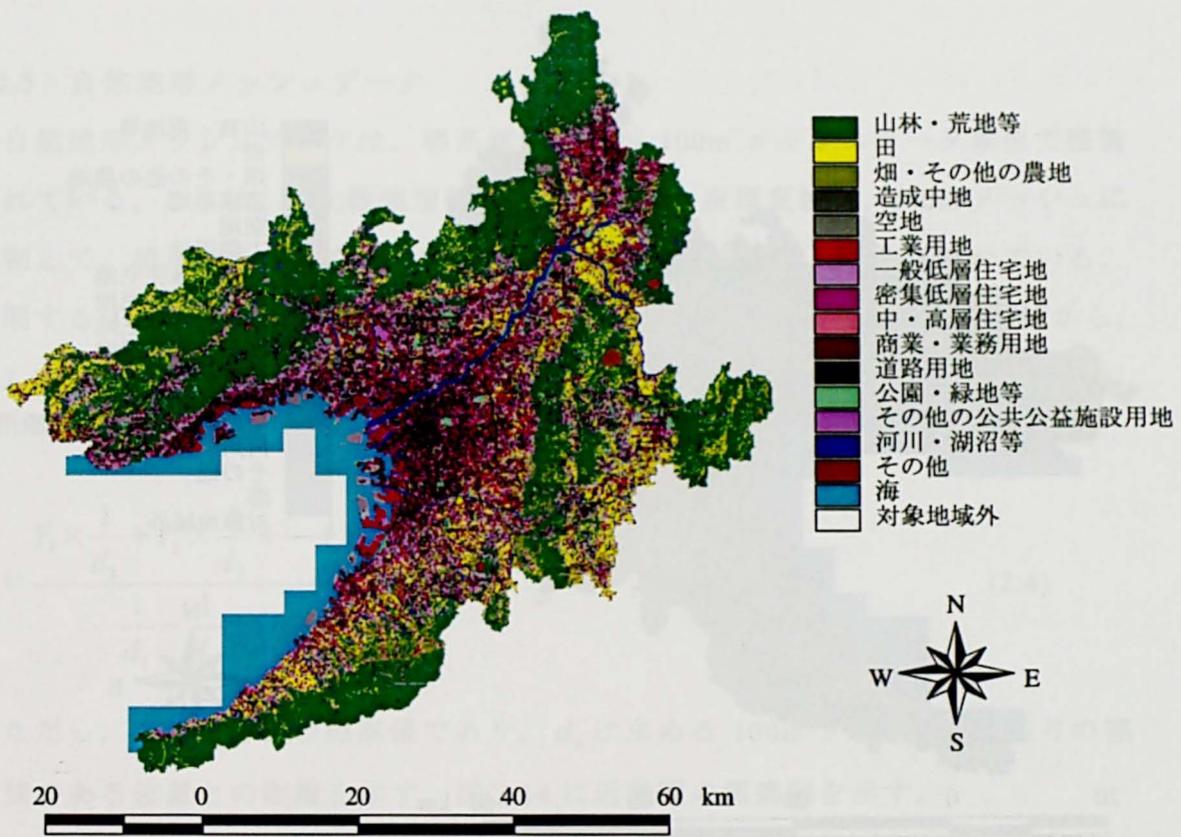


図 2.11 近畿圏の土地利用図（1985年）

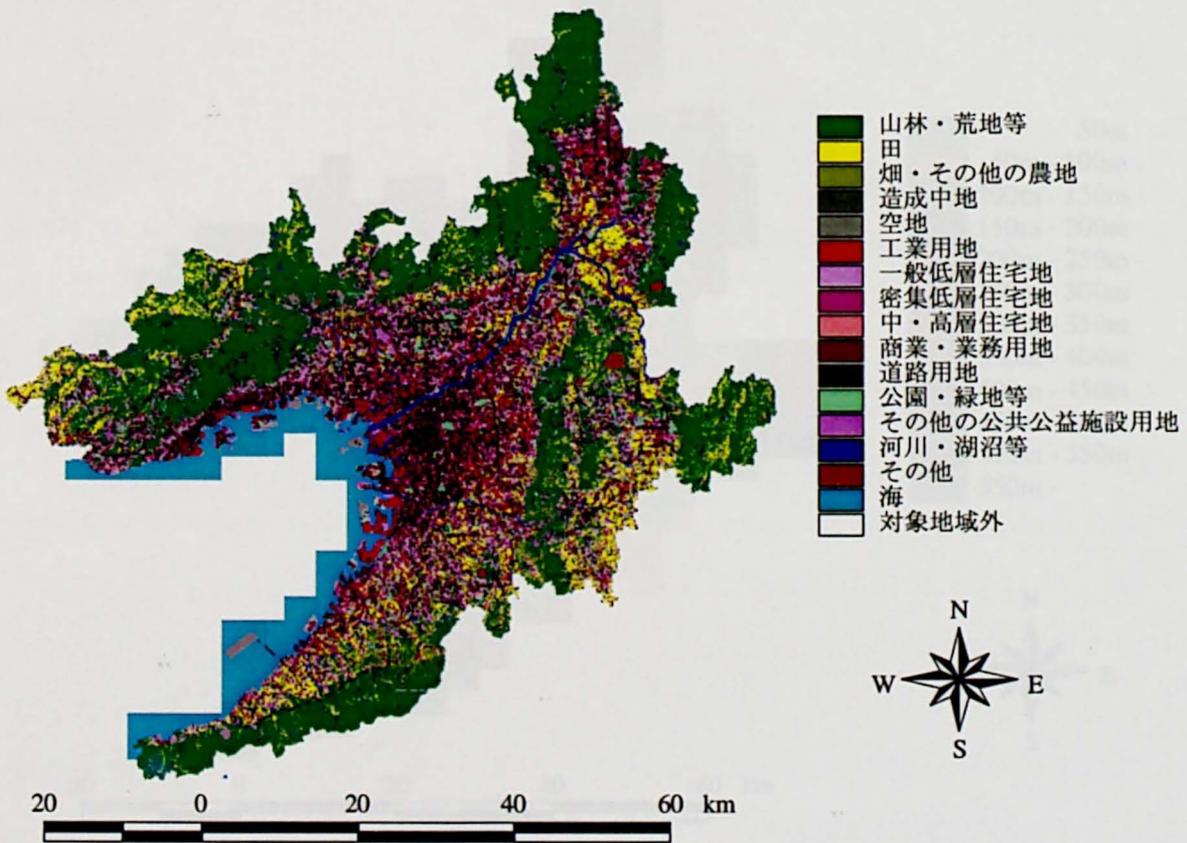


図 2.12 近畿圏の土地利用図（1991年）

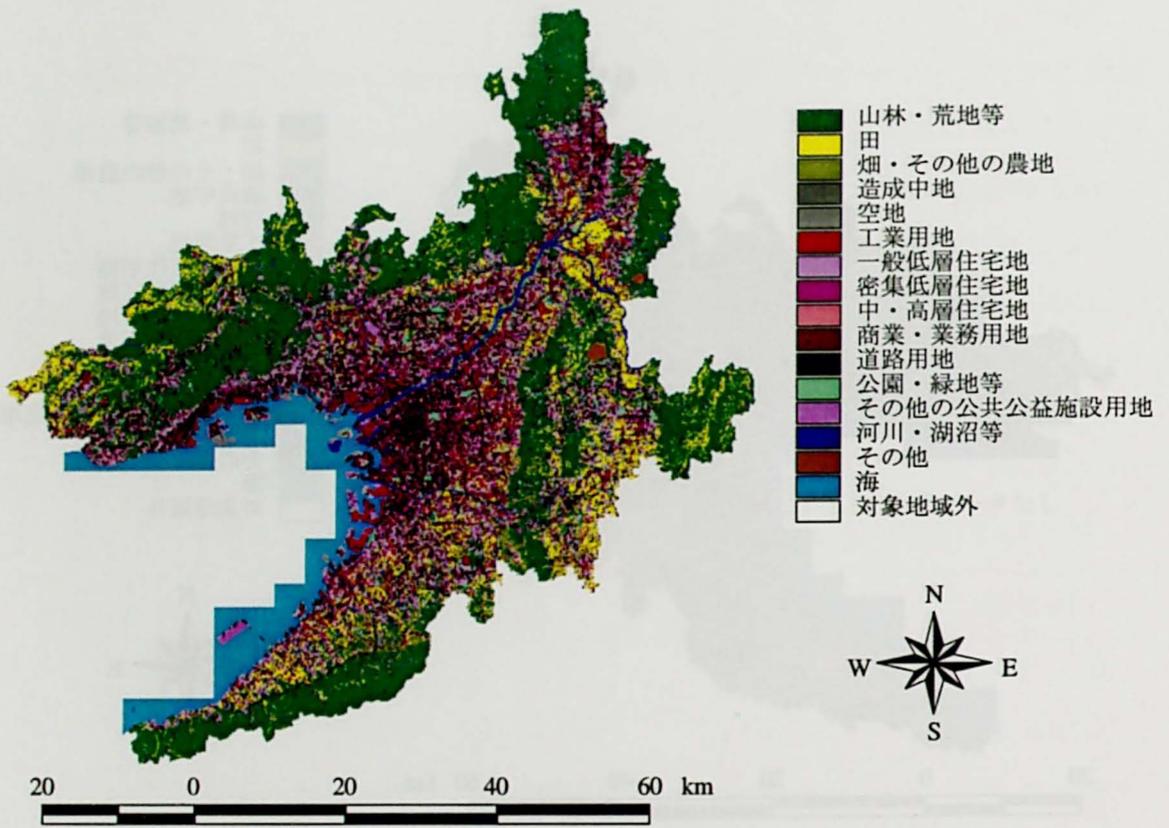


図 2.13 近畿圏の土地利用図（1996年）

2.2.3 自然地形メッシュデータ

自然地形メッシュデータは、標高値と傾斜が 100m メッシュデータ単位で整備されている。これは、国土数値情報の標高データを座標変換し、100m メッシュに分割して、標高値を含まない 100m メッシュの標高を補間して作成されている。補間する 100m メッシュを中心として周囲 500m の範囲にある n 個の標高値から、(2.4) 式の補間計算で求めている。

$$Y = \frac{Y_1 \times \frac{1}{d_1} + Y_2 \times \frac{1}{d_2} + \dots + Y_n \times \frac{1}{d_n}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \dots + \frac{1}{d_n}} \quad (2.4)$$

ただし、 Y_n は n 番目の標高値であり、 d_n は求める 100m メッシュと n 番目の標高値のある位置との距離を示す。図 2.14 に近畿圏の標高図を示す。

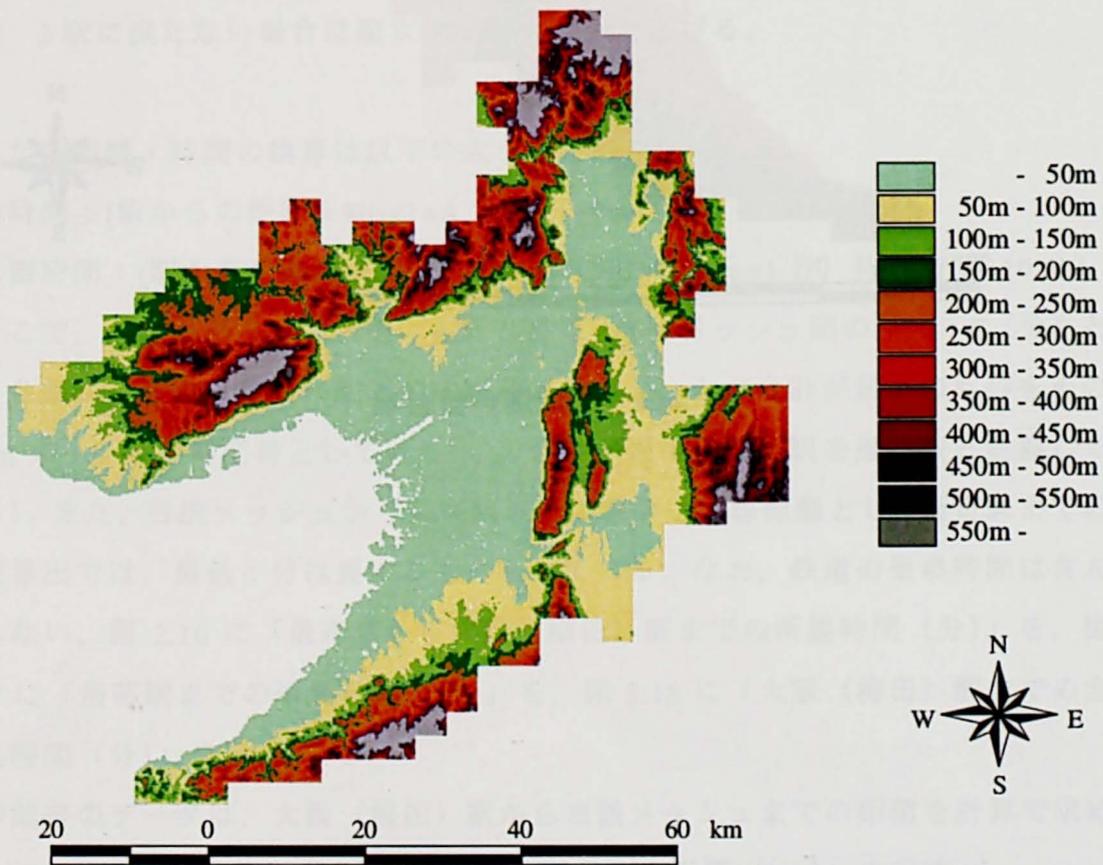


図 2.14 近畿圏の標高図

傾斜は、補間した標高値を用いて隣接する 8 方向のメッシュに対する標高差から傾斜を算出し、絶対値の最大のを当該メッシュの傾斜度とし、少数第 1 位までの傾斜度が記されている。図 2.15 に近畿圏の傾斜図を示す。

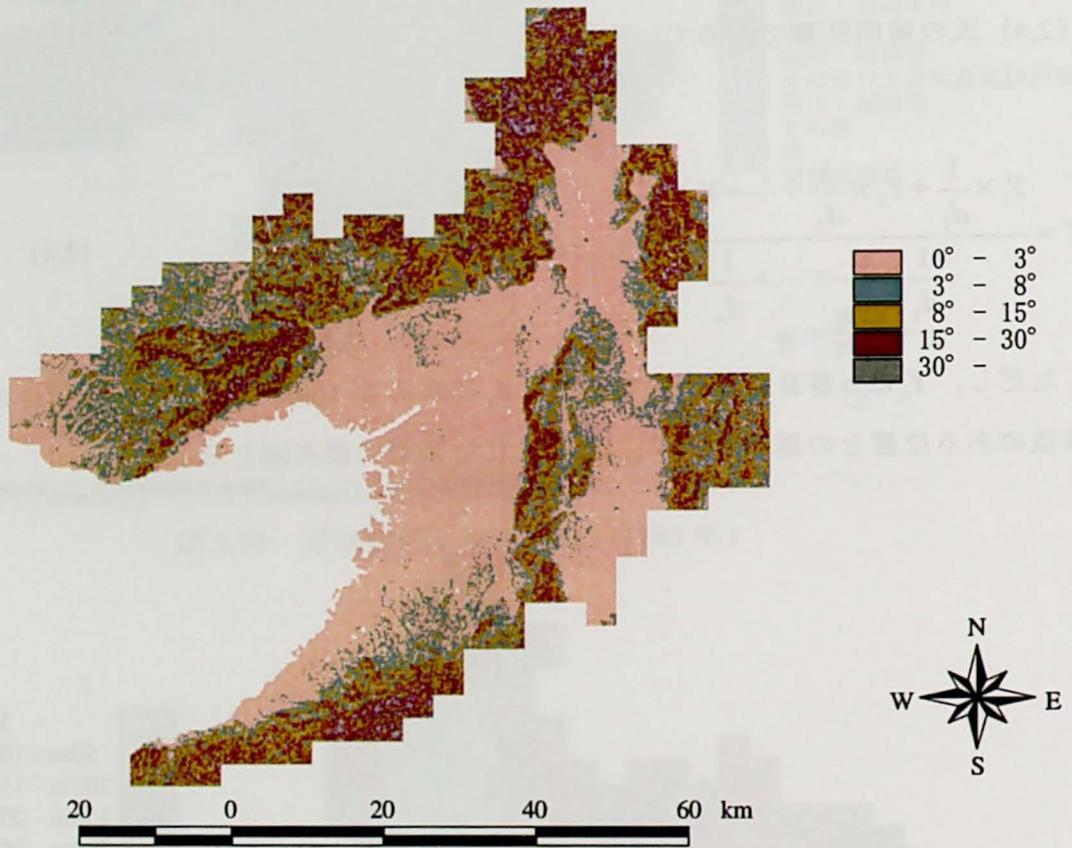


図 2.15 近畿圏の傾斜図

2.2.4 時間帯・距離帯メッシュデータ

時間帯・距離帯メッシュデータは、100mメッシュで整備されている。

時間帯メッシュデータは、「最寄駅から大阪（梅田）駅までの所要時間(1)」と「最寄駅までの所要時間(2)」、および「全所要時間(1)+(2)」の3種類が整備されている。所要時間の算出方法を以下に示す。

- ① 調査資料を用い、各駅について大阪（梅田）駅からの所要時間を求める。
- ② 各駅の位置を含む100mメッシュを求める。
- ③ 100mメッシュを20個×20個（2kmメッシュ）のブロックにまとめる。
- ④ 1つの2kmメッシュ内での個々の100mメッシュについて時間を求める。
- ⑤ 求める100mメッシュが含まれる2kmメッシュを中心に、東西南北に2kmメッシュを広げながら時間を求めていく。
- ⑥ まず6kmに広げる。この中に3駅以上あれば各駅からの距離を時間に換算し、大阪（梅田）駅からの最短所要時間を求める。
- ⑦ 3駅に満たない場合は順次10km、14kmと広げる。

また、距離・時間の換算は以下のように定義されている。

徒歩時間： $(\text{駅からの距離} \div 80) + 1 = A$ （分）〔80m=1分〕

バス圏時間： $(\text{駅からの距離} \div 250) + 10 + 1 = B$ （分）〔250m=1分，待ち時間=10分〕

ここで、AとBの小さい方を、各駅と当該100mメッシュ間の時間：C（分）とし、各駅から大阪（梅田）駅までの距離とC（分）との合計が最小のものをその100mメッシュの時間帯としている（この合計が最小となる駅を最寄駅と定義している）。また、当該メッシュから最寄駅までの距離は直線距離とし、最寄駅までの時間算出では、最低1分は要するものとしている。なお、鉄道の乗換時間は含まない。図2.16に「最寄駅から大阪（梅田）駅までの所要時間（分）」を、図2.17に「最寄駅までの所要時間（分）」を、図2.18に「大阪（梅田）駅までの全所要時間（分）」を示す。

距離帯のデータは、大阪（梅田）駅から当該メッシュまでの距離を計算で求めたものである。図2.19に「大阪（梅田）駅までの距離（km）」を示す。

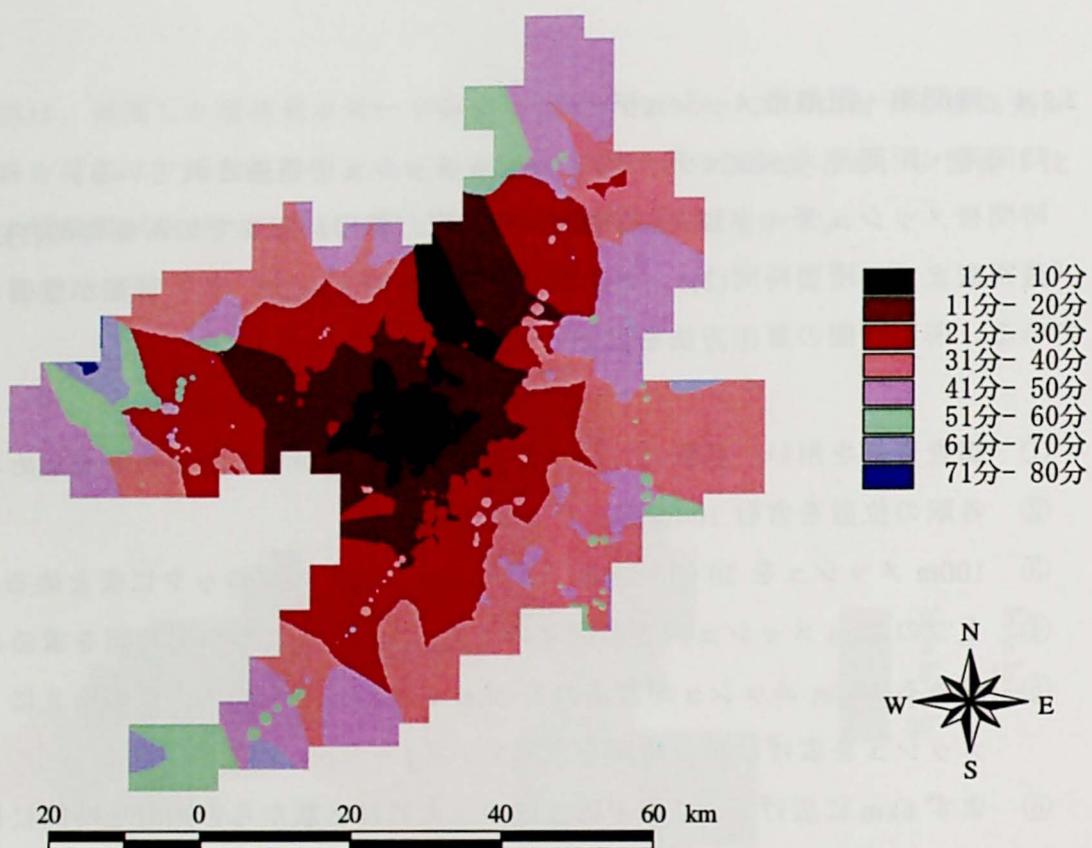


図 2.16 最寄駅から大阪（梅田）駅までの所要時間（分）

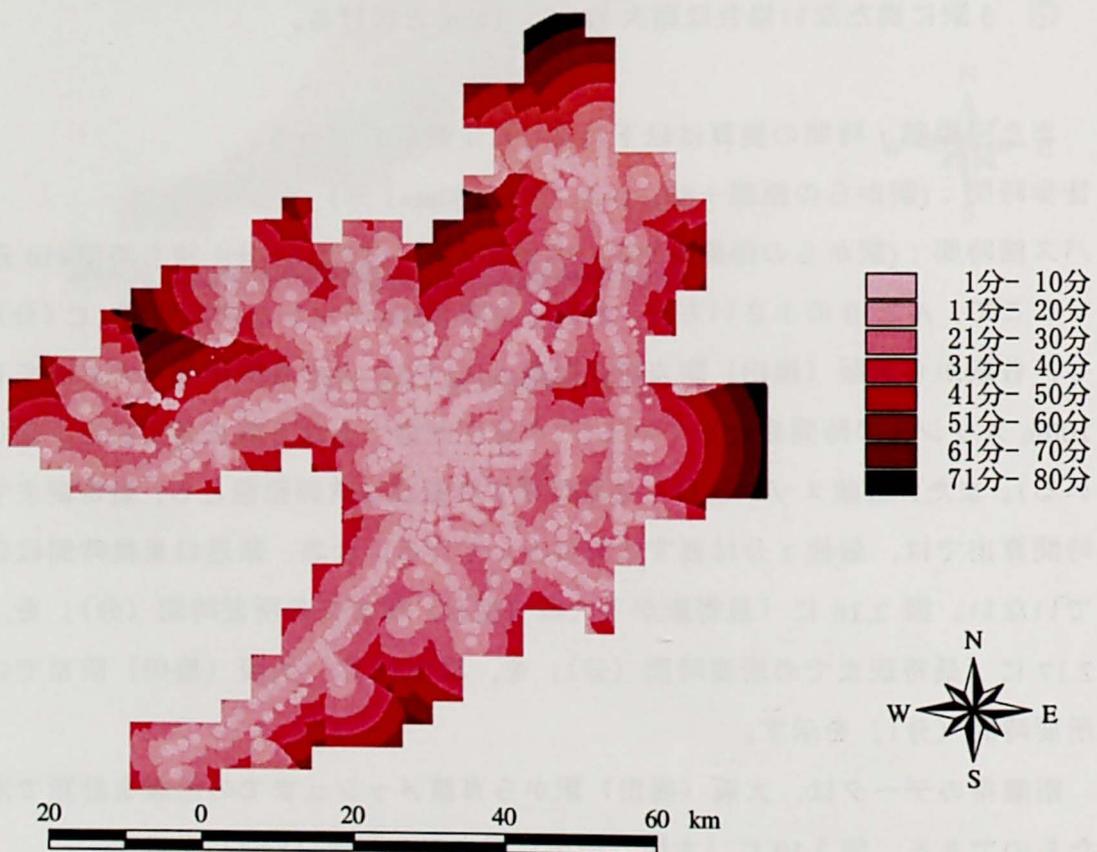


図 2.17 最寄駅までの所要時間（分）

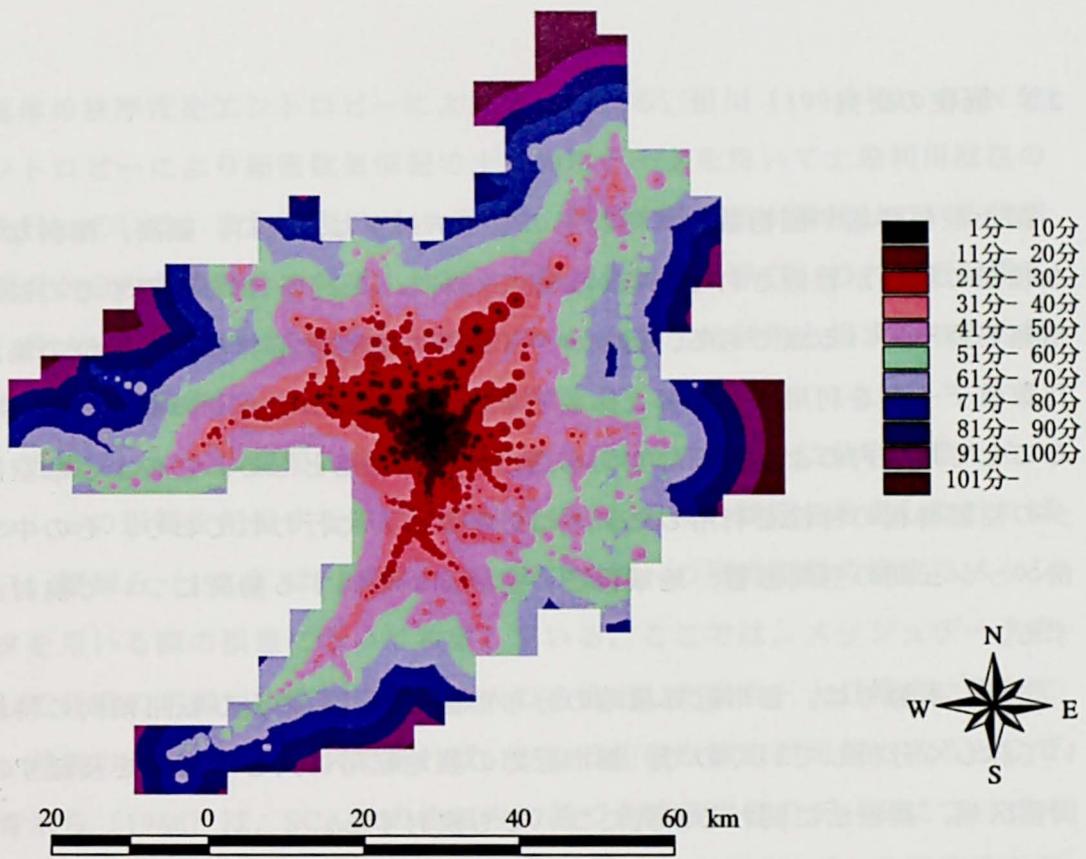


図 2.18 大阪（梅田）駅までの全所要時間（分）

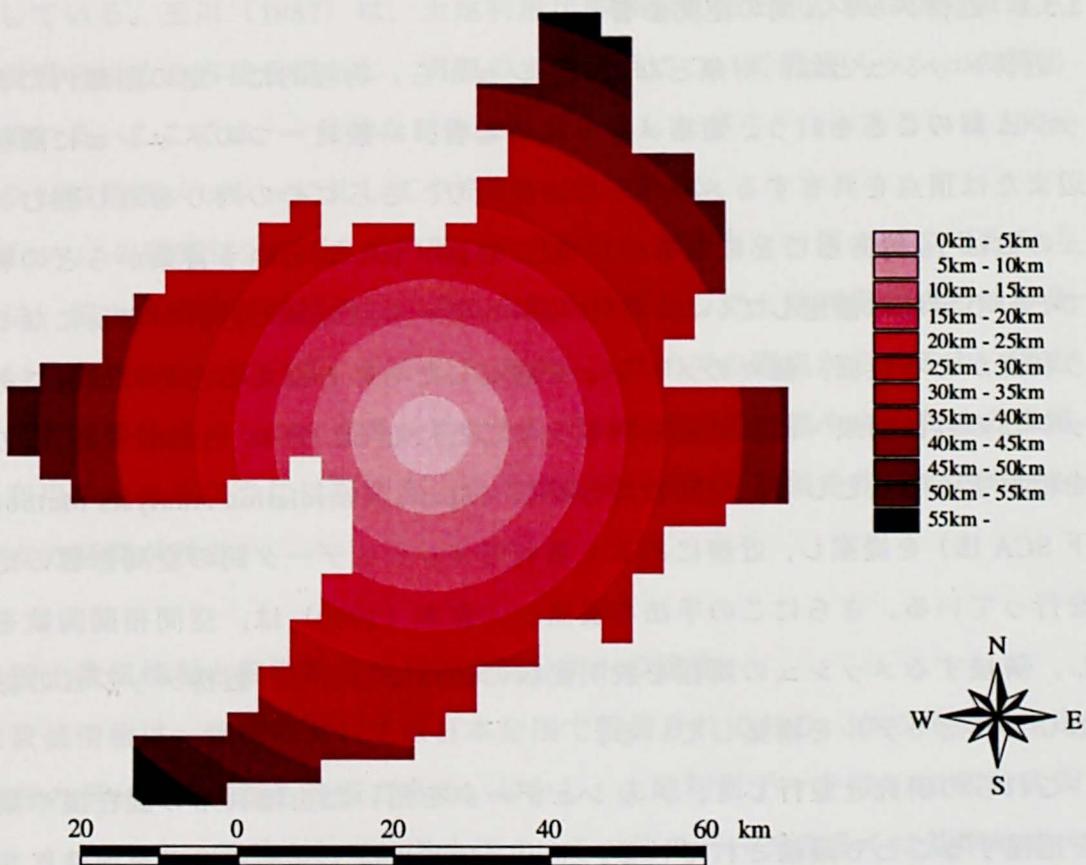


図 2.19 大阪（梅田）駅までの距離（km）

2.3 既往の研究

国土数値情報や細密数値情報などの空間データは、人口、標高、傾斜など様々な種類の属性が整備されているが、全てのメッシュデータで共通するのは位置の情報を持っている点である。行政界や丁字界、農業集落界などの単位で集計された数値データを利用する場合と比較すると、メッシュデータの位置情報を利用することで地域内のより詳細な空間構造の分析が可能となる。このような空間データの位置情報の特性を利用した研究は近年さかんに行われており、その中で、近傍メッシュ間の空間影響、地域構造の空間変動に関する論文について検討、整理する。

また、本論では、都市近郊農地の分布形態の特性、および転用傾向の特性について詳しく分析していくので、都市近郊の農地転用に大きな影響を及ぼす市街化調整区域、農振法に関わる研究についても検討する。

2.3.1 近傍メッシュ間の空間影響

近傍メッシュとは、対象となるメッシュから、物理的に一定の距離内にあるメッシュ群のことをいう。短形メッシュの場合、一般に一つのメッシュに隣接する辺または頂点を共有するメッシュは8個あり、さらにその周りを取り囲むメッシュの数は16個あることになるが、一般に近傍メッシュという言葉からどの範囲までという定義は確定していない。メッシュデータは地域の分析が容易になるという利点がある反面、個々のメッシュを独立したものと捉えるとその近傍にあるメッシュの外部効果・波及効果を無視することになる。青木（1986）は、この影響を把握する手法として、空間相関分析法（Spatial Correlation Analysis Method, 以下SCA法）を提案し、近傍にある土地利用メッシュデータ間の空間影響の定量化を行っている。さらにこの手法を展開し、青木（1990）は、空間相関関数を提案し、隣接するメッシュの属性を説明変数に加えることで、近傍メッシュの影響を取り入れたモデルを構築している。

これらの研究と並行して、メッシュデータを用いた土地利用の混在度や集塊性を把握することも議論されている。玉川（1982）は、異種用途の集塊性についてCLUMP分析を、異種用途間の隣接性についてはJOIN分析を用い、土地利用パタ

ーンの総体の秩序性をエントロピーにより表している。恒川（1991）は、JOIN 分析、エントロピーにより細密数値情報の土地利用データを用いて土地利用混在の定量化を行っている。また、吉川（1997）は、同種土地利用が隣接している状態という観点からみた集塊性を同種土地利用の隣接集塊性と呼び、これを把握するために、各メッシュにおける周囲 4 本の辺のうち同じ土地利用と接するものの比率の平均である同辺率による分析を行っている。

また、近傍メッシュの空間的な範囲はメッシュサイズの大小に依存するため、近傍メッシュの影響を把握する際には最適メッシュ規模の問題を考慮しなければならない。腰塚ら（1984）は、領域人口および施設への平均距離の推定にメッシュデータを用いる際の誤差について考察している。ここでは、メッシュデータをもとにして任意の不定形の領域における人口を推定した場合、人口推定に関しては 500m 程度のメッシュサイズであれば、かなり正確な推定が可能であるとしている。青木ら（1986）は、SCA 法の枠組みに基づき建蔽率等のデータについてメッシュサイズの効果を分析し、空間変動の周期とメッシュサイズとの関連性を明らかにしている。玉川（1987）は、土地利用比率の同質性という観点から最適メッシュ規模を求める方法を提示し、実際の土地利用について最適メッシュの算出を行っている。ここでは、一般的な結論ではないとしながら、1km あるいは 500m のメッシュは最適メッシュに比してやや粗いとしている。

藍澤（1991）の研究は、広域土地利用の研究を行った数少ない例の一つである。ここでは、国土数値情報を使用し、日本全国を対象として土地利用形成と地形条件について分析を行っている。しかし、メッシュサイズの観点からみると、国土数値情報の基準地域メッシュを分析単位としているため都市部や中山間地の複雑な土地利用や地形を扱うには粗すぎ、また標高データから傾斜を作成する方法も精度の点で疑問が残る。

2.3.2 国土数値情報と細密数値情報の空間分析への適性

国土数値情報は、陸域に関しては日本全国で整備されており、かつ地価や指定地域などのデータの種類も豊富である。しかし、土地利用データは 1/10 細分区画（100m メッシュ）で整備されているものの、その他のデータの多くは基準地域メッシュ単位のものである。既往の最適メッシュ規模の研究をみても、一辺が約 1km

の基準地域メッシュは、空間の微細な現象の把握が困難で分析単位としては大きすぎる感があり、モデルの定式化には適していない。

細密数値情報は、土地利用が 10m メッシュで、その他の自然地形などの各種データは 100m メッシュで整備されている。また、各メッシュは、ほぼ正方形であるとみなしてよいので、自然地形データを要因とするモデルの定式化が 100m 単位で可能となる。データ整備の範囲が三大都市圏に限られている点では範囲が限定されるが、都市周辺の複雑な土地利用構造を分析するのに適している。

2.3.3 地域構造の空間変動

従来の研究では、ある地域を対象とした時に、行政界などの分析単位を決定し、各種変数を使用して、一つのモデルを定式化するのが常であった。このとき、使用した変数が空間に分布する変数であるにもかかわらず、変数間の影響は一様であると仮定していることになる。Fotheringham (1996) は、地域分析でモデル構築を行う際に、地域構造の一様性を仮定したモデルの不適切さを指摘し、Geographically Weighted Regression (地理的重み付け回帰、以下、GWR) を提唱している。さらに、Fotheringham (1998) は、重回帰分析と GWR を比較する形で分析を行い、地域内でパラメータの符号が逆転する場所があることを指摘した上で、地域構造の一様性を仮定している重回帰分析に比べて、GWR が地域の空間分析に適していることを示している。GWR は、理論的にはそれほど複雑な手法ではないが、GIS の機能を用いることで初めて実用性を持つ手法である (詳しくは、第 4 章で述べる)。

2.3.4 農振地域と市街化調整区域の土地利用変化動向

市街化調整区域の土地利用変化動向に関する研究は比較的多い。なかでも農地転用を中心に扱ったものとして、浦山 (1981) は、集落外の所有者への権利移転 (所有のスプロール化) を経た宅地化などの結果、都市的土地利用が無秩序に農村空間に侵入していることを示している。木谷 (1996) は、公共公益施設用地への農地転用が「商業・業務用地」の立地誘引になっていることを指摘し、さらに木谷 (1997) は、周辺の市街化を促進しないとされている公共施設等が、周辺の道路整備を介して宅地化を促進していることを指摘している。

一方で農振地域の土地利用については、ゾーニング制度に関する理論的批判や、実態面からの問題点の指摘に関する研究が多く、土地利用動向を定量的に扱った研究は極めて少ない。農振地域の土地利用データは、農林水産省構造改善局が行った農業集落土地利用動向調査のデータがあり、集落単位かつ全国規模で整備されている。これを用いた定量的解析は行われているが、特に土地利用上の問題が深刻な都市周辺の土地利用変化動向を把握するためには、より詳細な定量的解析が必要であろう。

2.3.5 既往研究における課題と本研究の狙い

多くの研究において、メッシュデータがもつ空間的な特性を考慮した分析手法が提唱されてきており、今後もさらに数多くの手法、および理論的な探求が行われるであろう。メッシュサイズに関する研究では、研究目的に応じたメッシュサイズを研究者が選択するべきであるという結論に至っているが、土地利用分析に関しては、都市部、農村部によって最適なサイズは異なると考えられるものの、通常 500m よりも小さいサイズのメッシュデータであれば十分な精度の空間分析が可能である。国土数値情報の 1/10 細分区画土地利用メッシュデータ、細密数値情報の土地利用メッシュデータは、その点での問題は克服しているサイズを持っている。

空間解析手法として挙げた SCA 法と GWR は、空間を分析する上で空間の捉え方が異なっている。SCA 法は、個々のメッシュにおける近傍メッシュの空間的な影響を考慮することで、メッシュの属性の一つ一つは周辺のメッシュに依存するものとみなしている。しかし、分析する地域全体は一つの独立した空間と捉えている。これに対し、後者は、メッシュの属性の一つ一つを独立したものとみなし、地域という空間の変数間の影響が一様でないとしている。この二つの空間の捉え方は、それぞれ相反するものではなく、組み合わせることは可能である。しかし、計算が相当複雑になることや、対象地域の辺縁部に分布するメッシュの取り扱いによって発生するパラメータ推定に与える影響の検討が必要であり、安易に組み合わせたモデルは定式化できない。本研究において上記の二つの手法は、第 3 章、第 4 章で個々に扱うこととする。

こうした空間解析手法の理論的な発展が進む一方で、これらの手法を用いて土

土地利用構造の実態分析やその計画制御の検討を行った応用研究は少ない。特に、過去の土地利用研究は、市町村や集落レベルの範囲を扱うことが多く、かつ広域的な分析を行った例も少ない。この原因は、これまで広域土地利用データが十分に整備されていなかったことと、コンピュータのデータ処理能力の限界にあったと考えられる。しかし、いうまでもなく近年のコンピュータの発展と、本章で示した国土数値情報や細密数値情報の土地利用メッシュデータの整備により、上記の原因の多くは解消され、さらに GIS という強力なツールを使用することで土地利用研究において広域な範囲を取り扱うことが可能となった。

土地利用研究において、重要なテーマの一つは、土地利用が変化する要因を探ることである。土地利用の分布を規定する地形条件、あるいは社会経済的条件との関連性を、様々な空間分析手法を用いて空間的に把握することにより、広域的な土地利用問題の原因を探る足がかりとなる。既往研究において導かれた空間分析の諸手法は、この点で十分に利用されているとはいえない。本研究は、以上のような見地から、空間分析の手法を利用して、土地利用の広域かつ詳細な分析単位での定量的解析を行い、土地利用分布特性、および土地利用変化の要因と動向を明らかにする。

第3章 空間相関分析法を用いた土地利用の空間分布分析

近年、都市部への人口集中による都市的土地利用の拡大、それに伴う農村部での未利用地の増加、農地の壊廃、森林の伐採等、様々な土地利用の問題が発生している。こうした多くの問題に対して、広域的な視点からの対策が必要となってきたおり、そのためには、土地利用変化の分析を欠かすことはできない。

一般に、メッシュデータを用いた遷移確率モデルでは、こうした土地利用変化の分析を行う際に対象地域内のすべての地点が等確率で変化することを前提として分析を行っている。しかし、対象地域の中には、商業的土地利用に特化した駅前地区のように他の土地利用形態に変化することが少なく、ある土地利用形態のまま安定的に存在し続ける地点（以下、安定地点）もある。大佛ら（1996）は、従来の研究のように、対象地域の全ての地点が等確率で変化することを前提としたモデルよりも、安定地点を考慮したモデルが有効であることを明らかにしている。さらに、安定地点が対象地域の中で一様には分布していないことを指摘しているが、その分布形態の特性については述べられていない。

安定地点の分布形態は土地利用の種類によって異なり、また地理条件によっても規定されていると考えられる。また、どの種類の土地利用が周辺に分布しているかによっても影響を受ける。たとえば、ある農地の周辺にビルや住宅街が分布している場合と、河川や森林などが分布している場合では、その農地の将来の土地利用形態が変化する可能性が異なることは容易に想像できる。また、同じ種類の土地利用が広域にわたって分布している場合と、微小な空間単位で点在するような場合とでも、同様のことが考えられる。これらの安定地点の空間分布特性を明らかにすることで、過去の土地利用政策の評価を行うことが可能となり、さらに、土地利用が将来変化する可能性が高い地点の空間分布を把握することができる。

本章では、国土数値情報のメッシュデータを用いて、土地利用の安定地点の概念を取り入れ、これを規定する自然条件、及び周辺の土地利用分布との関連性を定量的に捉えて、安定地点の空間分布特性を明らかにする。

3.1 空間相関分析法

ある種類の土地利用の空間的広がりや異種土地利用との隣接性を把握するためには、同じ種類の土地利用、および異種土地利用との地理的な位置関係を定量的に示さなければならない。一般に、ある2種類の変数の関係を調べようとするとき、二つのデータの相関分析を行う場合が多いが、メッシュデータを単純にサンプルとして扱い、相関分析を行うと、メッシュデータの位置関係を無視した解析となる。青木（1986）は位置の情報を同時に考慮する二次元空間上に「空間相関関数」を定義し、メッシュデータの分析方法として空間相関分析法（Spatial Correlation Analysis Method, 以下 SCA 法）を提唱している。以下に、SCA 法の基本理念と、メッシュデータへの SCA 法の適用について説明する。

3.1.1 空間相関分析法の基本理論

二次元空間を二次元直交座標で表し、この空間 (t_1, t_2) において、 n 個の変数 $X_i (i=1 \sim n)$ の値 $x_i(t_1, t_2)$ が与えられているとする。まず、変数 X_i の「空間平均」 \bar{x}_i を次式のように定義する。

$$\bar{x}_i = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T^2} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x_i(t_1, t_2) dt_1 dt_2 \quad (3.1)$$

これを用いて、変数 X_i と X_j との相互空間共分散関数 C_{ij} と基準化相互空間共分散関数 \bar{C}_{ij} が次式のように定義できる。

$$C_{ij}(\tau_1, \tau_2) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T^2} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x_i(t_1, t_2) \cdot x_j(t_1 + \tau_1, t_2 + \tau_2) dt_1 dt_2 \quad (3.2)$$

$$\bar{C}_{ij}(\tau_1, \tau_2) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T^2} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (x_i(t_1, t_2) - \bar{x}_i) \cdot (x_j(t_1 + \tau_1, t_2 + \tau_2) - \bar{x}_j) dt_1 dt_2 \quad (3.3)$$

相互共分散関数の直観的な意味は、 $x_i(t_1, t_2)$ と $x_j(t_1 + \tau_1, t_2 + \tau_2)$ との積の平均であり、ある点 (t_1, t_2) の変量 X_i とそこから (τ_1, τ_2) ずれた点 $(t_1 + \tau_1, t_2 + \tau_2)$ の変量 X_j との共分散の期待値と捉えることができる。基準化空間共分散関数は、各変量を平均が0となるように基準化した相互空間共分散関数である。

特に $i = j$ のとき、つまり X_i 自身について上記の定義を当てはめたときは、それぞれ自己空間共分散関数、基準化自己空間共分散関数と呼ぶ。さらに、相関係数が、共分散を分散で基準化して得られたように、次式で相互空間相関関数、基準化相互空間相関関数を定義する。

$$R_{ij}(\tau_1, \tau_2) = \frac{C_{ij}(\tau_1, \tau_2)}{\sqrt{C_{ii}(0,0) \cdot C_{jj}(0,0)}} \quad (3.4)$$

$$\overline{R}_{ij}(\tau_1, \tau_2) = \frac{\overline{C}_{ij}(\tau_1, \tau_2)}{\sqrt{\overline{C}_{ii}(0,0) \cdot \overline{C}_{jj}(0,0)}} \quad (3.5)$$

3.1.2 メッシュデータへの空間相関分析法の適用

二次元メッシュデータ上ではデータが離散的なので、座標値が整数値をとる二次元直交座標系 $I \times I$ で表し、このうちデータが得られている範囲、つまり $I \times I$ の部分空間 M をメッシュ空間と呼ぶ。この空間の各メッシュ (l_1, l_2) において、 n 個の変量 $X_i (i = 1 \sim n)$ の値 $x_i(l_1, l_2)$ が与えられているとする。

まず、期待値演算記号 E を用いて、変量 X_i の「メッシュ空間平均」 \overline{x}_i を次式のように定義する。

$$\overline{x}_i = E[x_i(l_1, l_2)] \quad (3.6)$$

これを用いて、変量 X_i と X_j とのメッシュ相互空間共分散関数 C'_{ij} とメッシュ基準化空間共分散関数 \overline{C}'_{ij} が次式のように定義できる。

$$C'_{ij}(k_1, k_2) = E[x_i(l_1, l_2) \cdot x_j(l_1 + k_1, l_2 + k_2)] \quad (3.7)$$

$$\overline{C}'_{ij}(k_1, k_2) = E[(x_i(l_1, l_2) - \overline{x}_i) \cdot (x_j(l_1 + k_1, l_2 + k_2) - \overline{x}_j)] \quad (3.8)$$

メッシュ相互共分散関数の直観的な意味は、 $x_i(l_1, l_2)$ と $x_j(l_1 + k_1, l_2 + k_2)$ との積の平均であり、ある点 (l_1, l_2) の変量 X_i とそこから (k_1, k_2) ずれた点 $(l_1 + k_1, l_2 + k_2)$ の変量 X_j との共分散の期待値と捉えることができる。メッシュ基準化空間共分散関数は、各変量を平均が 0 となるように基準化したメッシュ相互空間共分散関数である。

特に $i = j$ のとき、つまり X_i 自身について上記の定義を当てはめたときは、それぞれメッシュ自己空間共分散関数、メッシュ基準化自己空間共分散関数と呼ぶ。さらに、相関係数が、共分散を分散で基準化して得られたように、次式を定義する。

$$R'_{ij}(k_1, k_2) = \frac{C'_{ij}(k_1, k_2)}{\sqrt{C'_{ii}(0,0) \cdot C'_{jj}(0,0)}} \quad (3.9)$$

$$\overline{R}'_{ij}(k_1, k_2) = \frac{\overline{C}'_{ij}(k_1, k_2)}{\sqrt{\overline{C}'_{ii}(0,0) \cdot \overline{C}'_{jj}(0,0)}} \quad (3.10)$$

これを、それぞれメッシュ相互空間相関関数、メッシュ基準化相互空間相関関数と呼ぶ。

以上のメッシュ上での定義から明らかなように、これらは連続的な二次元空間で定義されたものに対応しており、メッシュのきざみ幅が十分に小さく、かつメッシュ空間が十分に大きければ近似的に等しくなる。

3.1.3 土地利用の連担性の概念

本論において、「連担性」という概念の意味は、地域のある特徴が、空間的に連続する性質があることと定義する。つまり、この特徴が土地利用の場合には、同じ種類の土地利用が空間的にまとまって分布しているときに連担性があるということになる。

メッシュ座標 (t_1, t_2) で表されるある場所での変量 X_i の値 $x_i(t_1, t_2)$ と、その場所と隣接する所 (s_1, s_2) での変量の値 $x_i(s_1, s_2)$ が似ていれば隣接する空間には変量 X_i について連担性があるということが出来る。この直観的概念を定量的に表現する。

メッシュデータを用いる場合、任意のメッシュ $t = (t_1, t_2)$ をとりあげるとそのメッシュに隣接するメッシュ $s = (s_1, s_2)$ は、 $s = t + k$ (但し、 $k = (k_1, k_2)$, $k_1, k_2 = 1, 0, -1$) と表現できる (図 3.1)。したがって、任意のメッシュ t に隣接するメッシュ s は 8 種類あり、ベクトル k で t からみた方向が示されていることになる。

そこで、 k の取り方によって 8 種類の変量 X_i についての相関係数が次式で計算できる。

$$r_k = \frac{\sum_t (x_i(t) - \bar{x}_i)(x_i(t+k) - \bar{x}_i)}{\sqrt{\sum_t (x_i(t) - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_t (x_i(t+k) - \bar{x}_i)^2}} \quad (3.11)$$

この相関係数は、変量 X_i がベクトル k で示される方向に隣接する二つのメッシ

	$k_1 = -1$	$k_1 = 0$	$k_1 = 1$
$k_2 = -1$	$t_1 - 1, t_2 - 1$	$t_1, t_2 - 1$	$t_1 + 1, t_2 - 1$
$k_2 = 0$	$t_1 - 1, t_2$	t_1, t_2	$t_1 + 1, t_2$
$k_2 = 1$	$t_1 - 1, t_2 + 1$	$t_1, t_2 + 1$	$t_1 + 1, t_2 + 1$

図 3.1 $s = t + k$ で表現されるメッシュ s の近傍

メッシュが連担性を持っているかどうかを示すことができる。この相関係数は、変量 X_i についての自己空間相関関数 (Spatial Autocorrelation Function, 以下 SAF) に一致している。したがって、SAF の値が高い変量について連担性があると定義することができる。上記の相関関数 r_k は、隣接する二つのメッシュの場合のみを考えていたが、相関の高いメッシュが二つ以上連なっている場合もある。そこで、 k を $k_1, k_2 = 1, 0, -1$ のみに限定せずにおけば、より長い連なりも計測できることになる。SAF はこのような制限のない場合でも、同様に計算できる量であり、変量 X_i についての SAF の値を求めることで、変量 X_i における任意の連なりの長さについて連担性を調べることができる。

3.1.4 土地利用の共存性、排斥性の概念

土地利用分布形態において、ある種類の土地利用が分布している場所で常にこれと関連した別の種類の土地利用が分布する場合や、逆にある種類の土地利用が分布している地域では常に別の土地利用は分布していないといった場合がある。前者は、二つの種類の土地利用が共存しており、この共存の形態は同一の場所 (同一のメッシュ) でなくとも、ある一定の距離を置いて共存している場合もある。後者の場合は、二つの種類の土地利用が排斥しあっており、この排斥の形態も同一の場所だけの現象でなく、ある一定の距離を置いて排斥しあっている場合もある。たとえば、市街化調整区域では都市計画法の立場から厳しい開発規制がかけられているが、幹線道路沿いの商業業務用地などの開発許可による建築行為は認められており、こうした土地利用と農業的土地利用が共存しあっており、逆に市街化区域では都市的土地利用と農業的土地利用の排斥性が観測できるのが一般的である。

この土地利用における共存性と排斥性を定量的に解析するために、相互空間相関関数 (Spatial Correlation Function, 以下 SCF) の概念が利用できる。つまり、ある種類の規模を表す量 (具体的にはある種類の土地利用面積等) X_i と、別の種類を表す量 X_j のメッシュデータが得られているとき、ある場所の変量 X_i とそこから (k_1, k_2) だけ離れた場所の変量 X_j との相関係数 r_{ij} を考える。相関係数 r_{ij} の値が 1 に近ければ、 (k_1, k_2) だけ離れた場所で両者は共存性があると考えられ、相関係数 r_{ij} の値が -1 に近ければ排斥性があるということになる。

なお、巻末付録 2 に SCA 法のプログラムを掲載している。

3.2 土地利用の安定地点

本節では、対象地域内の全ての地点が等確率で変化すると仮定した従来の遷移確率モデルと対象地域内に安定地点が含まれると仮定した遷移確率モデルの概念について述べ、パラメータの推定方法と、パラメータの満たすべき条件について説明する。

3.2.1 定常マルコフ連鎖を用いた遷移確率モデル

定常マルコフ連鎖を用いた従来の遷移確率モデルは、時点 $t+1$ での土地利用 j の面積 $x_j(t+1)$ を次式のように記述している。

$$x_i(t+1) = \sum_j p_{ij} x_j(t) \quad (3.12)$$

p_{ij} : 土地利用 i が土地利用 j に変化する確率

この p_{ij} は、過去の 2 時点間 ($t = 0 \sim 1$) において土地利用が i から j に変化した対象地域内の全面積 m_{ij} を用いて、次式で推定している。

$$p_{ij} = \frac{m_{ij}}{\sum_i m_{ij}} \quad (3.13)$$

遷移確率 p_{ij} は、対象地域内の全ての地点が等確率で変化しているという遷移構造の仮定のもとで推定されている。

3.2.2 安定地点を考慮した遷移確率モデル

対象とする地域内に、確率的には変化しない地点（安定地点）が含まれる場合、遷移確率 p_{ij} は実際の遷移構造を反映していない。つまり、土地利用の安定地点が対象地域内に面積 s_i だけ存在する場合には、変化する地点のみを用いて遷移確率行列を推定しなければならない。この土地利用遷移モデルは次式のように記述できる。

$$x_j(t+1) = s_j + \sum_i q_{ij} \{x_i(t) - s_i\} \quad (3.14)$$

q_{ij} : 安定地点の面積を除いた部分についての遷移確率

このとき、このモデルの遷移確率 q_{ij} の推定値は次式で与えられる。

$$q_{ij} = \frac{m_{ij}}{\sum_i m_{ij} - s_i} \quad (i \neq j) \quad (3.15)$$

$$q_{ii} = \frac{m_{ii} - s_i}{\sum_i m_{ij} - s_i} \quad (3.16)$$

3.2.3 パラメータの推定

土地利用 i の安定地点の面積を s_i とすると、 $t=0$ における土地利用 i の総面積に対する s_i の割合 a_i は次式で与えられる。

$$a_i = \frac{s_i}{\sum_j m_{ij}} \quad (3.17)$$

$$p_{ij} = \frac{\sum_j m_{ij} - s_i}{\sum_j m_{ij}} \times \frac{m_{ij}}{\sum_j m_{ij} - s_i} = (1 - a_i) q_{ij} \quad (i \neq j) \quad (3.18)$$

$$p_{ii} = \frac{s_i}{\sum_j m_{ij}} + \frac{\sum_j m_{ij} - s_i}{\sum_j m_{ij}} \times \frac{m_{ii} - s_i}{\sum_j m_{ij} - s_i} = a_i + (1 - a_i) q_{ii} \quad (3.19)$$

また、対象地域内から任意にある地点を抽出したとき、その土地利用*i*が時点 $t = 0 \sim 2$ の間にまったく変化しない確率を r_i とすると、 r_i は次式で与えられる。

$$r_i = a_i + (1 - a_i)q_{ii}^2 \quad (3.20)$$

$$\therefore a_i = \frac{r_i - q_{ii}^2}{1 - q_{ii}^2} \quad (\text{但し } q_{ii} \neq 1) \quad (3.21)$$

(3.15), (3.17), (3.21) 式を整理して、次式が得られる。

$$q_{ij} = \frac{m_{ij}}{\sum_j m_{ij} - s_i} = \frac{p_{ij}}{1 - a_i} = \frac{p_{ij}}{1 - \frac{r_i - q_{ii}^2}{1 - q_{ii}^2}} = \frac{p_{ij}(1 - q_{ii}^2)}{1 - r_i} \quad (i \neq j) \quad (3.22)$$

一方、(3.19) 式より、次式が得られる。

$$a_i = \frac{p_{ii} - q_{ii}}{1 - q_{ii}} \quad (3.23)$$

これを (3.20) 式に代入する。

$$r_i = \frac{p_{ii} - q_{ii}}{1 - q_{ii}} + \left(1 - \frac{p_{ii} - q_{ii}}{1 - q_{ii}}\right)q_{ii}^2 \quad (3.24)$$

$$= (1 - p_{ii})q_{ii}^2 - (1 - r_i)q_{ii} + p_{ii} \quad (3.25)$$

$$= \left(q_{ii} - \frac{p_{ii} - r_i}{1 - p_{ii}}\right)(q_{ii} - 1) = 0 \quad (3.26)$$

$$\therefore q_{ii} = \frac{p_{ii} - r_i}{1 - p_{ii}} \quad (3.27)$$

以上より、土地利用の数値情報が3時点 ($t = 0, 1, 2$) で得られていれば p_{ij} , p_{ii} , r_i は実際のデータから測定可能であるので、遷移確率 q_{ij} , q_{ii} は (3.23), (3.27) 式より推定できる。また、(3.23) 式より、土地利用*i*の安定地点の割合 a_i も推定可能である。

3.2.4 パラメータの条件

(3.22), (3.27) 式で推定されるパラメータは, 以下に示す条件を満足する必要がある。

$$0 < q_{ii} < 1 \quad (3.28)$$

$$0 \leq a_i < 1 \quad (3.29)$$

(3.28), (3.29) 式を (3.20), (3.23), (3.27) 式をもとに整理すると, 次式が得られる。

$$2p_{ii} - 1 < r_i < p_{ii} \quad (3.30)$$

$$p_{ii}^2 \leq r_i \quad (3.31)$$

これらを満足する p_{ii} と r_i の関係を図 3.2 に示す。(3.20), (3.23), (3.27) 式から a_i, q_{ii} の値は推定されるが p_{ii}, r_{ii} がパラメータの条件を満たさず, 推定できない場合には, 土地利用 i について安定地点は存在しないものとする。

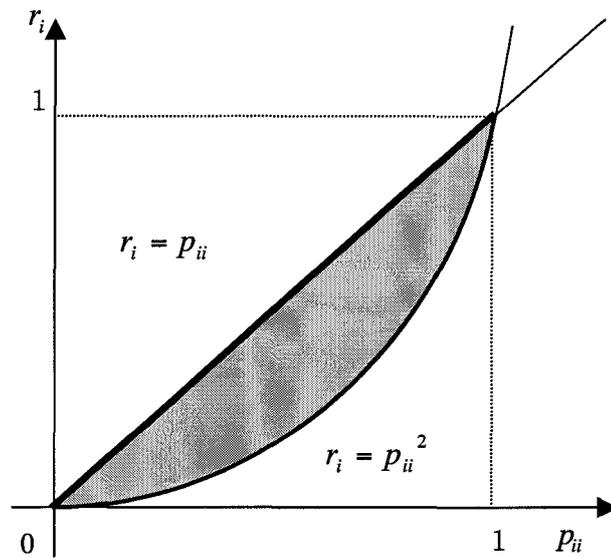


図 3.2 パラメータの範囲

3.3 研究対象地域の概要

本章の対象地域は、大都市周辺広域行政圏の阪神地区とした（図 3.3、表 3.1）。西前ら（1997）は、日常の生活圏にほぼ相当する圏域である広域市町村圏・大都市周辺広域行政圏^{*1}（本論ではこれらをまとめて広域圏と呼ぶ）の特性に着目して広域土地利用変化モデルを構築している。土地利用分布は社会経済的要因と自然地形的要因の二つの要因から影響を受けていることが明らかになっているが、水野ら（1997）は、階層分散を用いて、都道府県レベル・市町村レベルと比べて広域圏の社会経済的要因の内包性が高いことを明らかにし、分析単位としての妥当性を検証している。本章では、この広域圏内部における土地利用分布特性を検討する。分析単位は、国土数値情報の 1/10 細分区画メッシュとする。また、経年的な解析を行うために土地利用区分を表 3. 2 に示すとおりに再分類した。なお、阪神地区は、1/10 細分区画土地利用メッシュ 61,900 個で構成されている。



図 3.3 研究対象地域（阪神地区）

表 3.1 阪神地区の構成
(出典 全国市町村要覧 1994 年)

構成市町村名	人口	面積(km ²)
尼崎市	486,938	49.69
西宮市	411,882	99.11
芦屋市	85,196	17.21
伊丹市	185,706	24.95
宝塚市	203,940	101.67
川西市	143,604	53.45
三田市	85,965	210.34
猪名川町	25,808	90.41
計	1,629,039	646.83

^{*1}広域市町村圏は、都市および農村漁村地域が一体となって形成されている日常生活圏を単位とする地域の総合的な振興整備を推進するため、昭和 44 年度から大都市圏を除く全国の地域に設定されている。また、大都市圏においても、共通する行政課題に対応するため、昭和 52 年度から大都市周辺広域行政圏の設定が進められている。

表 3.2 土地利用区分の分類 (1/10 細分区画土地利用)

設定した土地利用区分	1976 年	1987 年	1991 年
農地	田畑 果樹園 その他の樹木畑	田畑 果樹園 その他の樹木畑	田畑
林地	森林 荒地	森林 荒地	森林 荒地
宅地	建設用地 A 建設用地 B	建設用地	建設用地
その他	幹線交通用地 その他の用地 湖沼 河川地 A 河川地 B 海浜 海水域	幹線交通用地 その他の用地 内水地 海浜 海水域	幹線交通用地 その他の用地 ゴルフ場 湖沼 海浜 海水域

3.3.1 阪神地区の土地利用変化

阪神地区は、大都市の大阪市、神戸市が東西に位置し、その影響から広域圏の中でも土地利用変化が激しい圏域の一つである。圏域の北部には、総面積の約 60% を占める林地が分布している。南部には総面積の約 17% を占める宅地が分布し、農林地は減少し、都市的土地利用の面積は増加傾向にある。3 時点の土地利用メッシュ数の変化を示す (表 3.3)。また、3 時点の土地利用メッシュデータから得た土地利用遷移行列を示す (表 3.4~3.6)。阪神地区は、北部において、多くのゴルフ場がつくられており、「林地」から「その他」への転用メッシュ数が多くなっている。

表 3.3 阪神地区の土地利用メッシュ数の推移

分類区分	1976 年	1987 年	1991 年	変化率 (%) (76-91)
農地	6,838	6,462	6,287	-8.8
林地	36,538	35,628	33,987	-7.5
宅地	10,699	11,851	12,645	15.4
その他	7,825	7,959	8,981	12.9

注) 表中の数値は、1/10 細分区画のメッシュ数を示す。

表 3.4 土地利用遷移行列 (1976-87 年)

	農地	林地	宅地	その他
農地	6,003	283	347	205
林地	288	34,956	160	1,134
宅地	63	40	9,795	117
その他	108	349	820	7,232

表 3.5 土地利用遷移行列 (1987-91 年)

	農地	林地	宅地	その他
農地	6,271	0	7	184
林地	13	33,970	248	1,397
宅地	0	0	11,098	24
その他	3	17	399	8,269

表 3.6 土地利用遷移行列 (1976-91 年)

	農地	林地	宅地	その他
農地	5,838	237	369	394
林地	284	33,367	577	2,310
宅地	62	40	9,779	134
その他	103	343	1,027	7,036

注) 表中の数値は、1/10 細分区画のメッシュ数を示す (表 3.4-3.6)。

図 3.4, 図 3.5, 図 3.6 は、1/10 細分区画メッシュの土地利用メッシュデータをプログラムで変換したものを、GIS ソフトウェア ARC/INFO のポリゴンデータに結合させ、投影法の変換を行った後にグリッドフォーマットに変換したものである。国土数値情報は、一つのメッシュがやや横長の長方形になるので、正方形のグリッドとして表示するためには、以上の手続きが必要である。阪神地区は、南部の尼崎市、西宮市において都市的土地利用が広く分布し、北部の三田市では南北に細長く農地が分布していることがわかる。

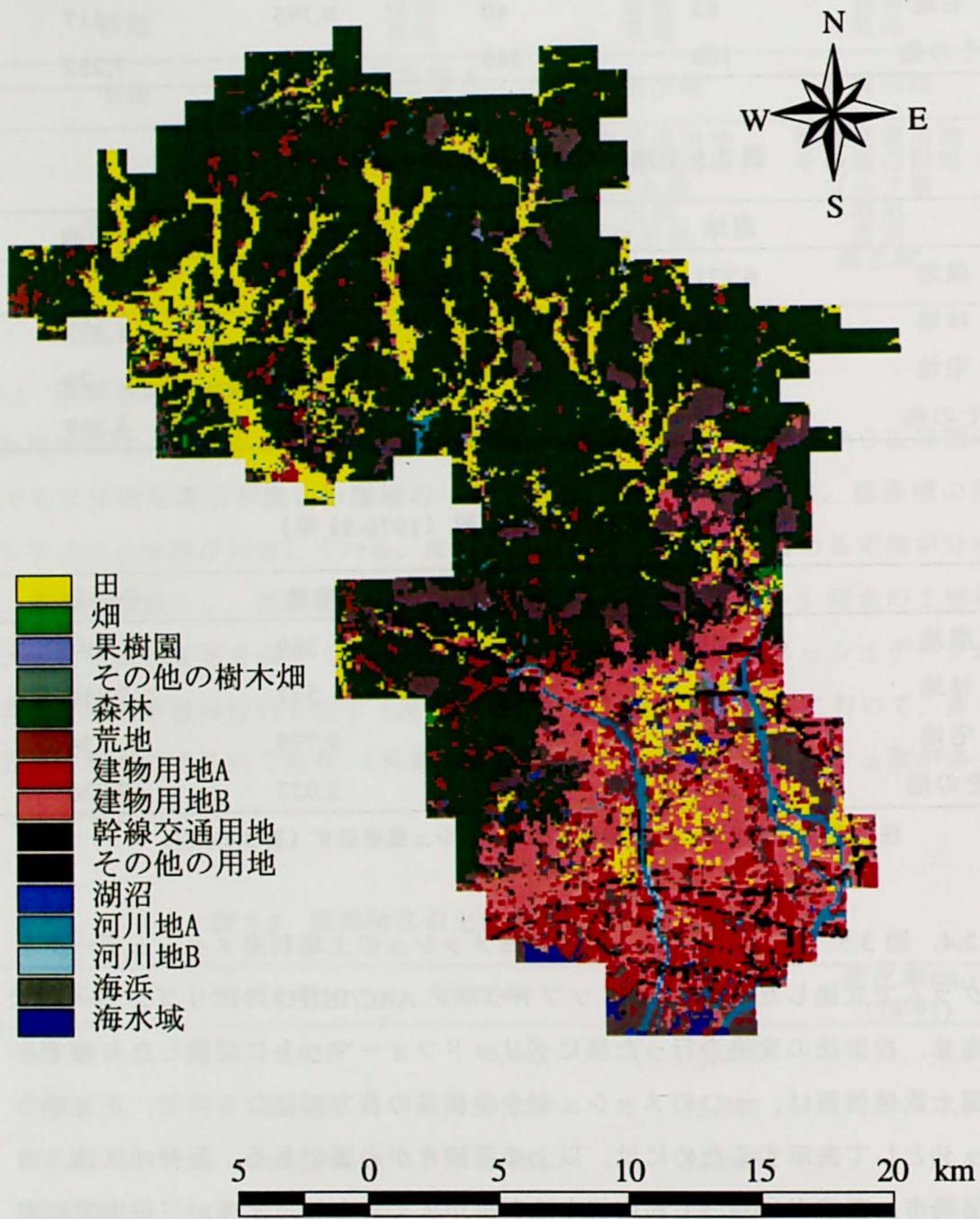


図 3.4 阪神地区の土地利用図 (1976 年)

3.3.2 データベースの構築

地上写真を用いたように、国土庁が作成した1000m解像度で整備されている土地利用
データベースと、400m解像度で整備されている衛星リモートセンシングデータの計測値
を比較している。したがって、土地利用と地形（標高・傾斜）の関連分析を行
うために必要なデータが整備された。

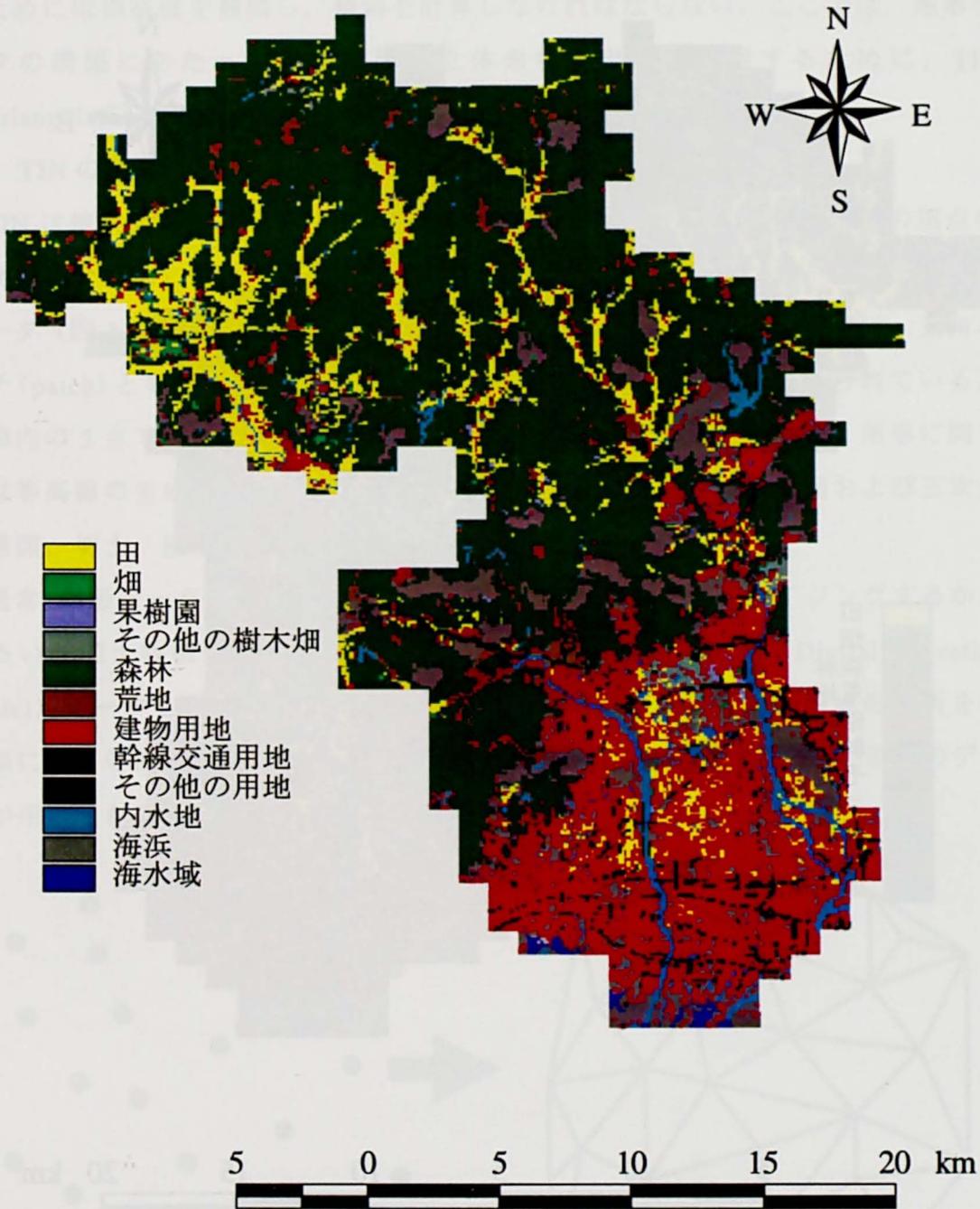


図 3.5 阪神地区の土地利用図（1987年）

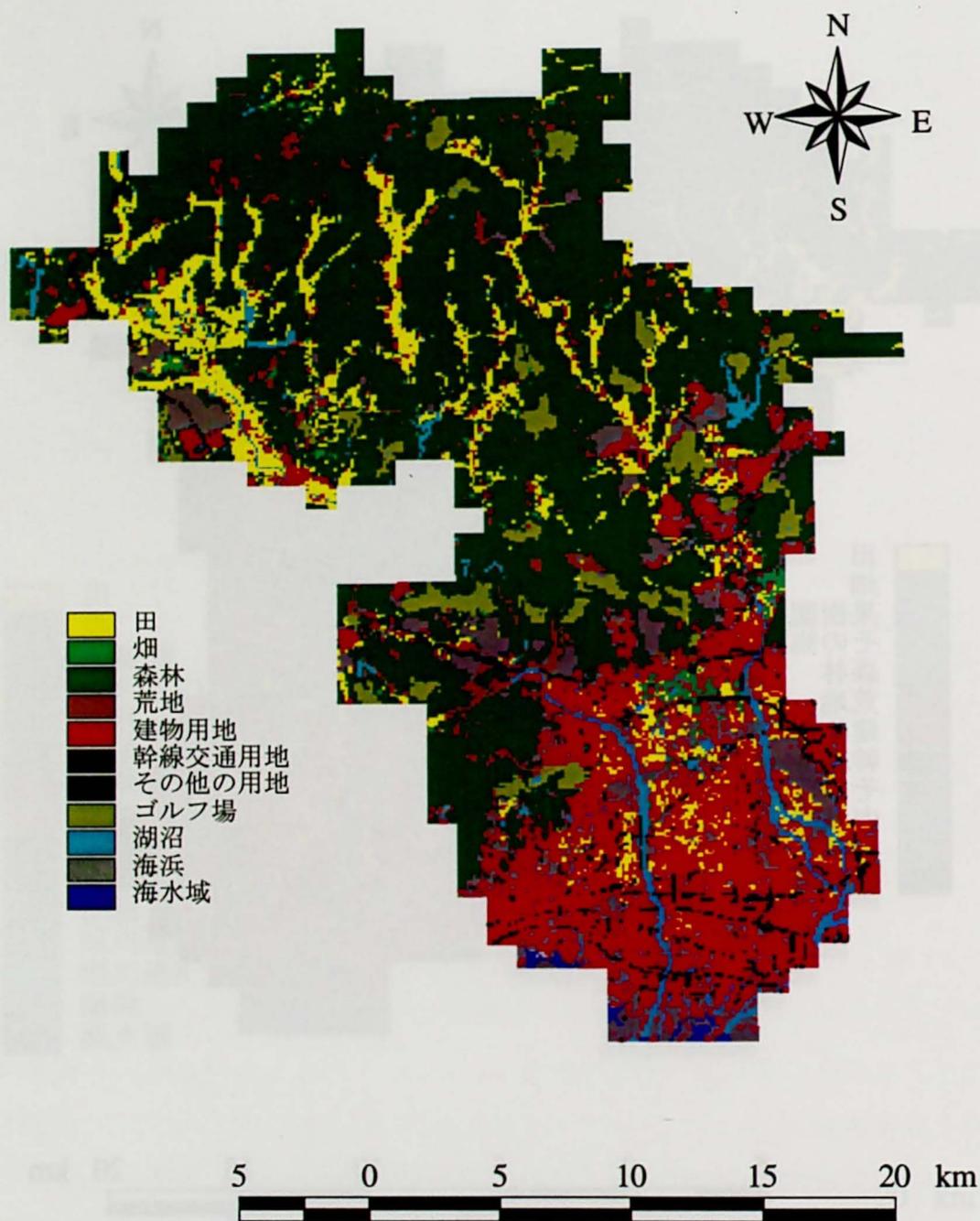


図 3.6 阪神地区の土地利用図 (1991 年)

3.3.2 データベースの構築

第2章で示したように、国土数値情報の1/10細分区画で整備されている土地利用メッシュデータと1/4細分区画で整備されている標高メッシュデータの計測位置は異なっている。したがって、土地利用と地形（標高・傾斜）の関連分析を行うためには標高値を補間し、傾斜を計算しなければならない。ここでは、地形データの構築にあたって可能な限り立体形状を忠実に表現するために、TIN (Triangulated Irregular Network) の機能を利用する。

(1) TINの構造

TINは地表面を三次元空間内における3点によって定義される三角形の頂点を標高の集合（網）で表現する方法であり、ベクター型のトポロジー構造をもったデータ（図3.7）で、複雑な地形を忠実に再現できる。CAD/CG分野では、三角パッチ(patch)とも呼ばれており、立体形状を忠実に表現する際に用いられている。空間内の3点で定義される三角形は、その面が平面であることから、地形に関しては等高線の生成をはじめとして、勾配や傾斜方向の計算、断面図および三次元鳥瞰図、切土、盛土の体積計算などが容易に行える。

通常、地形データを取り扱う場合は、地形図の等高線をデジタイジングするか、あるいは国土数値情報や数値地図などのような既存のDEM (Digital Elevation Model) データを用いることが多い。しかし、地形の三次元表示や地形解析を行う際には、等高線を用いることはほとんどなく、DEMあるいはTIN形式のデータが用いられる。

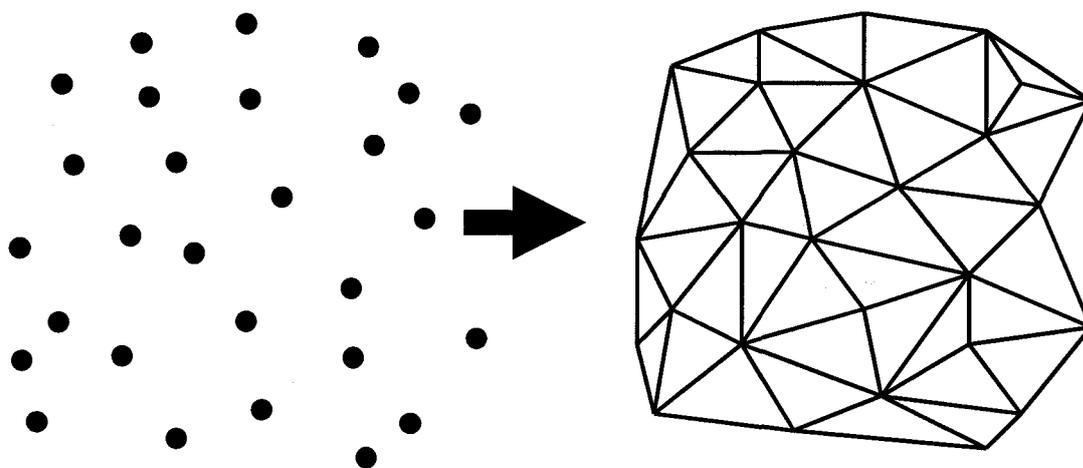


図 3.7 TIN のデータ構造

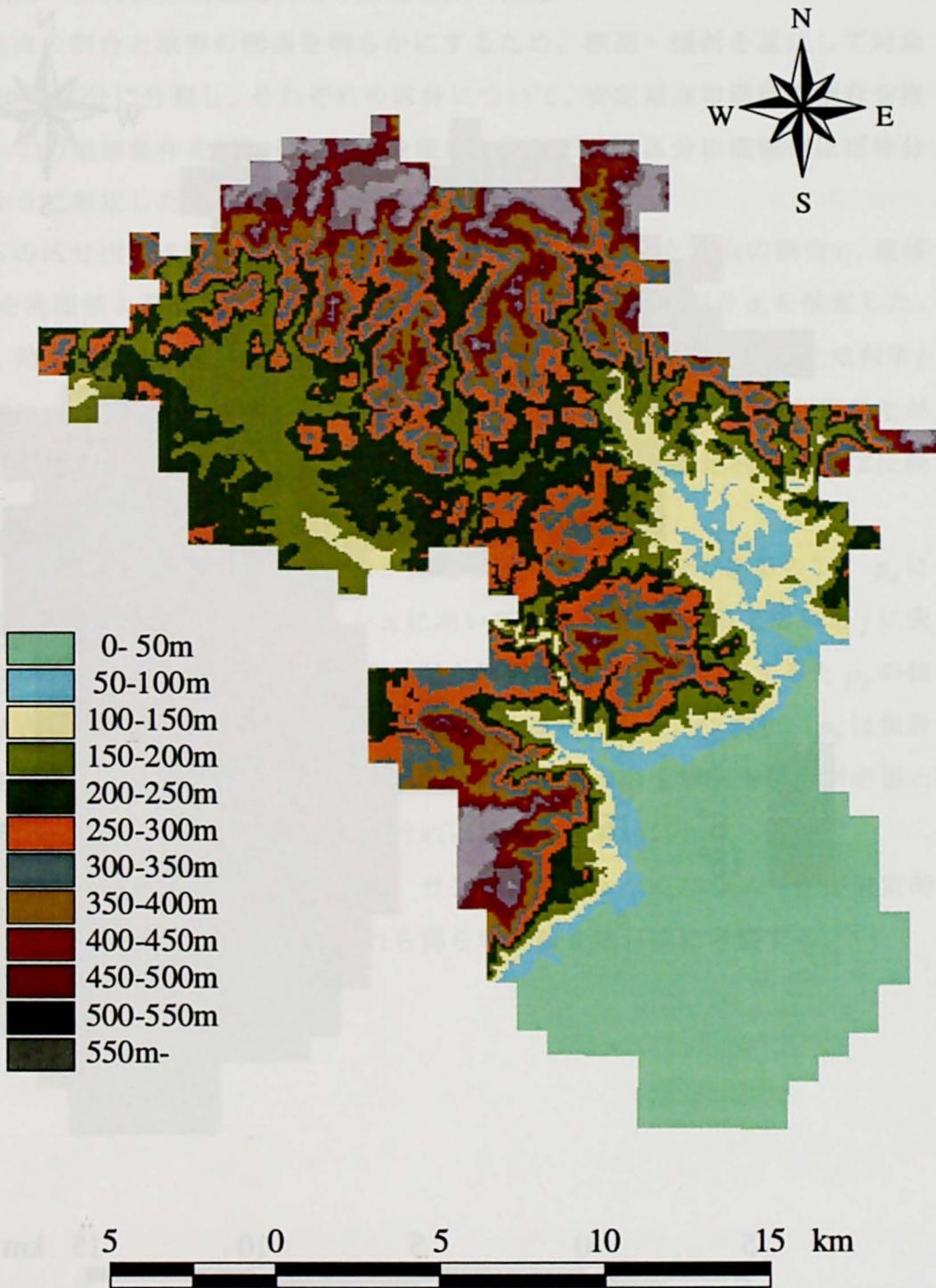


図 3.9 阪神地区の標高図

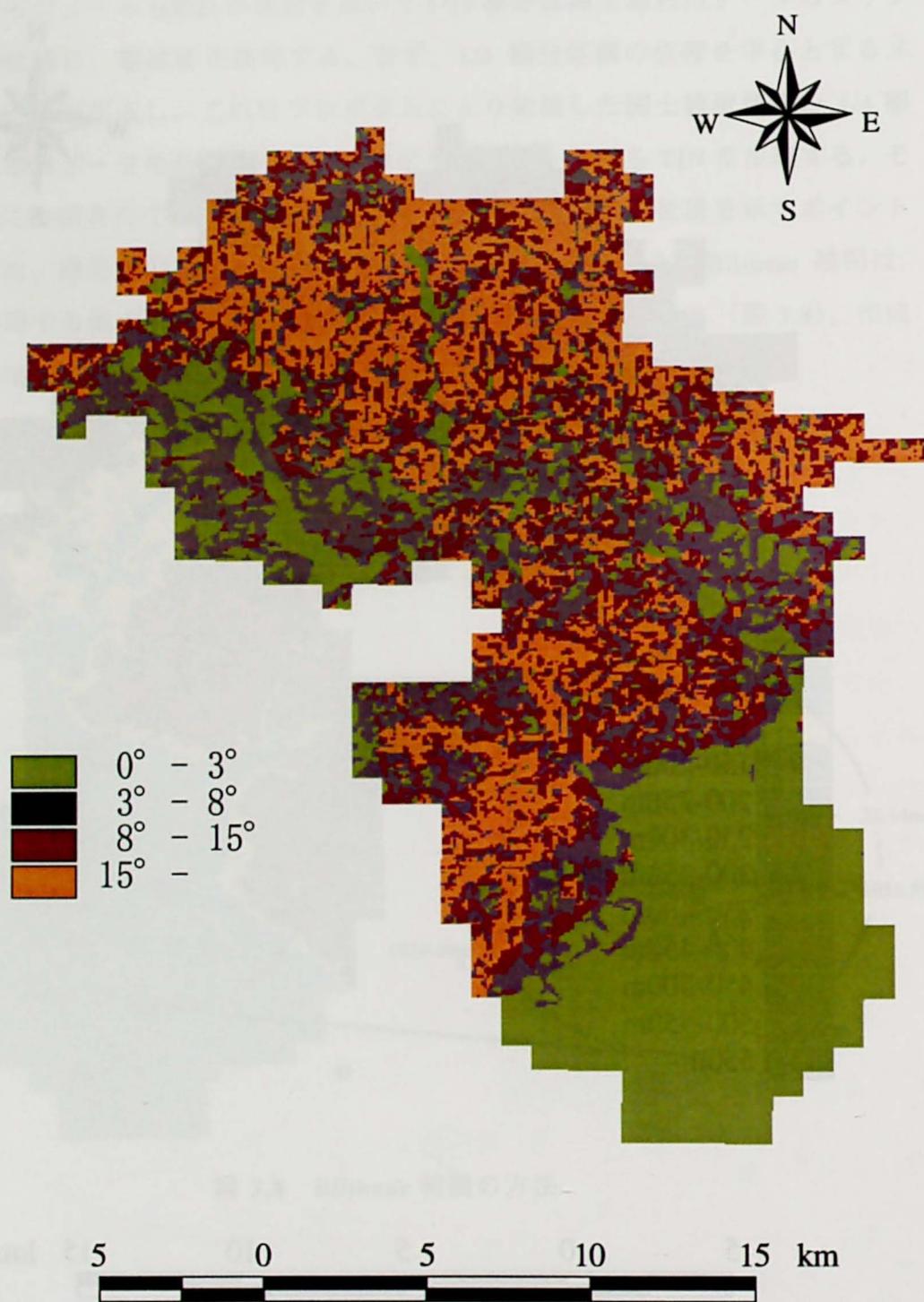


図 3.10 阪神地区の傾斜図

3.4 土地利用の安定地点の空間分布特性

3.4.1 標高・傾斜区分別土地利用の安定地点の推定

安定地点の割合と地形の関連を明らかにするため、標高・傾斜を基にして対象地域を 20 の区分に分類し、それぞれの区分について、安定地点の面積の割合を推定した。この地形条件を基にした地域分類は、それぞれの区分の面積がほぼ等分されるように設定した。

これらの区分別に 3 時点の間に土地利用 i が変化しなかった地点の割合 r_i 、遷移確率 p_{ii} を実測値より算出した。また、これらより安定地点の割合 a_i を推定した。

p_{ii} は、時点間にその土地利用 i のまま存在する確率である。区分内の土地利用 i の総面積により算出するため、たとえば換地などにより区分内で土地利用変化が起きたとしても、土地利用 i の総面積が変化しなければこの土地利用変化は反映されない。

一方、 r_i は 3 時点の間に土地利用 i が変化しない地点の割合であるので、 p_{ii} に近い値を示すが、区分内のあるメッシュにおいて土地利用 i が他の土地利用 j に変化し、別のメッシュにおいて土地利用 j が土地利用 i に変化したとすると p_{ii} の値には反映されないが、 r_i の値は小さくなるという違いがある。つまり、 p_{ii} は集計データを使用しても算出できるが、 r_i は区分内の各地点の土地利用情報が必要となるため、メッシュデータを使用しなければ算出できない。

なお、安定地点が存在しない区分は、サンプル数が少なくパラメータが安定的に推定できない場合も含まれる。これら得られた値を地目別に考察する。

(1) 「農地」の安定地点と地形条件の関連

「農地」の約70%は傾斜8°未満の地点に分布している(表3.7~3.9)。 r_i の値は、約0.750~0.950の範囲の値をとる区分が多い(表3.10)。また、標高200mを超えると、傾斜が大きくなるにつれて r_i の値が高くなっており、この区分の「農地」は他の土地利用に変化していないことがわかる。表3.11に示す遷移確率 p_{ii} の値は、ほぼ0.900前後の値をとるが、これに比べて表3.12に示す安定地点の割合 a_i の値は、0.681から0.935と広い範囲の値をとっている。また、標高0m~50mの区分を除くと傾斜が緩やかになるほど安定地点の割合が小さくなり、標高が低く、傾斜が小さいといった都市的土地利用として開発適性の高い地形条件を持つ「農地」が優先的に開発されている現状が把握できる

表 3.7 傾斜・標高区分別メッシュ数
(農地, 1976年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~ ~
0° ~ 3°	1,190	1,241	341	29	10
3° ~ 8°	14	1,127	625	128	100
8° ~ 15°	4	414	454	246	116
15° ~	0	135	279	300	85

表 3.10 傾斜・標高区分別 r_i の値
(農地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~ ~
0° ~ 3°	0.851	0.852	0.771	0.759	0.900
3° ~ 8°	0.786	0.868	0.827	0.758	0.920
8° ~ 15°	0.500	0.792	0.881	0.874	0.914
15° ~		0.867	0.946	0.900	0.906

表 3.8 傾斜・標高区分別メッシュ数
(農地, 1987年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~ ~
0° ~ 3°	1,075	1,159	353	26	9
3° ~ 8°	13	1,057	637	122	95
8° ~ 15°	2	360	437	237	111
15° ~	0	122	273	296	78

表 3.11 傾斜・標高区分別 p_{ii} の値
(農地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~ ~
0° ~ 3°	0.893	0.903	0.851	0.823	0.900
3° ~ 8°	0.822	0.913	0.897	0.825	0.920
8° ~ 15°	0.633	0.857	0.927	0.913	0.914
15° ~		0.912	0.962	0.941	0.931

表 3.9 傾斜・標高区分別メッシュ数
(農地, 1991年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~ ~
0° ~ 3°	1,069	1,124	330	26	10
3° ~ 8°	12	1,023	598	121	96
8° ~ 15°	2	349	423	233	111
15° ~	0	119	272	289	80

表 3.12 傾斜・標高区分別 a_i の値
(農地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~ ~
0° ~ 3°	0.824	0.793	0.681	0.722	0.885
3° ~ 8°	0.776	0.817	0.678	0.716	0.908
8° ~ 15°	—	0.738	0.804	0.843	0.901
15° ~	—	0.819	0.935	0.804	0.892

注) —は安定地点が存在しないことを示す。

(2) 「林地」の安定地点と地形条件の関連

「林地」は、傾斜が $0^\circ \sim 3^\circ$ および標高 $0 \sim 50\text{m}$ の地点でのメッシュ数は少ない。特に標高 350m 以上で傾斜が 15° 以上の区分でメッシュ数が最大となっている（表 3.13~3.15）。 r_i の値は、 0.800 以上の値をとる区分が多く、標高が高く傾斜が急な地点ほど値が大きくなっている（表 3.16）。また、標高が 350m 以上、あるいは傾斜が 15° 以上の区分では、 0.900 以上の高い値を示している。表 3.17 に示す遷移確率 p_{ii} の値はどの区分も大きな値をとっているものの、安定地点の割合 a_i の値をみると、安定地点が存在しない区分が多くあり、傾斜が急で標高が高い地点では安定地点の割合が高い（表 3.18）。また、標高が低く傾斜が緩やかな区分では安定地点が存在するものの、標高 $200\text{m} \sim 350\text{m}$ の区分では、ほとんど存在していない。これは、前者の区分では都市化による開発がある程度収束状態にあるのに対し、後者の区分は、多くのゴルフ場の建設に伴い森林の伐採が行われ、「林地」の転用が起きたためである。

表 3.13 傾斜・標高区分別メッシュ数
(林地, 1976年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
$0^\circ \sim 3^\circ$	182	1,348	1,279	352	201
$3^\circ \sim 8^\circ$	45	3,387	2,980	1,964	1,582
$8^\circ \sim 15^\circ$	4	2,521	2,473	3,199	3,306
$15^\circ \sim$	1	1,071	1,498	4,288	4,857

表 3.14 傾斜・標高区分別メッシュ数
(林地, 1987年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
$0^\circ \sim 3^\circ$	179	1,263	1,227	351	199
$3^\circ \sim 8^\circ$	39	3,176	2,922	1,909	1,573
$8^\circ \sim 15^\circ$	4	2,397	2,443	3,175	3,273
$15^\circ \sim$	1	1,005	1,452	4,221	4,819

表 3.15 傾斜・標高区分別メッシュ数
(林地, 1991年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
$0^\circ \sim 3^\circ$	173	1,152	1,076	335	199
$3^\circ \sim 8^\circ$	40	2,819	2,627	1,793	1,560
$8^\circ \sim 15^\circ$	4	2,278	2,304	3,056	3,238
$15^\circ \sim$	1	978	1,409	4,153	4,792

表 3.16 傾斜・標高区分別 r_i の値
(林地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
$0^\circ \sim 3^\circ$	0.819	0.826	0.808	0.920	0.945
$3^\circ \sim 8^\circ$	0.822	0.808	0.855	0.888	0.972
$8^\circ \sim 15^\circ$	0.750	0.887	0.913	0.937	0.971
$15^\circ \sim$	1.000	0.908	0.931	0.958	0.982

表 3.17 傾斜・標高区分別 p_{ii} の値
(林地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
$0^\circ \sim 3^\circ$	0.882	0.905	0.906	0.963	0.945
$3^\circ \sim 8^\circ$	0.870	0.903	0.937	0.945	0.972
$8^\circ \sim 15^\circ$	0.817	0.935	0.960	0.971	0.971
$15^\circ \sim$	1.000	0.943	0.963	0.976	0.989

表 3.18 傾斜・標高区分別 a_i の値
(林地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
$0^\circ \sim 3^\circ$	0.744	0.439	—	—	—
$3^\circ \sim 8^\circ$	0.795	—	—	—	0.910
$8^\circ \sim 15^\circ$	0.712	0.751	—	—	0.901
$15^\circ \sim$	—	0.851	0.760	0.889	0.965

注) — は安定地点が存在しないことを示す。

(3) 「宅地」の安定地点と地形条件の関連

「宅地」の分布は、標高が 50m 未満で傾斜が 3 度未満の区分に集中しており(表 3.19~3.21), この区分のメッシュ数は、ほとんど変化していない。これに対し、標高 50m から 200m の区分で、かつ傾斜が 8° 未満の区分では、メッシュ数が大きく増加している。阪神地区の都市化の影響は、丘陵地帯の区分で顕著である。表 3.22 に示す r_i の値は全体的に高く、特に標高が低く傾斜が緩やかな区分は 0.970 以上の極めて高い値をとる。遷移確率 p_{ii} も同様の傾向をもつ(表 3.23)。表 3.24 に示す安定地点の割合 a_i も、全体的に高い値を示しており、「宅地」は他の土地利用には転換されにくいという土地利用変化の不可逆性を示している。特に標高が低く傾斜が緩やかな地点では極めて高い割合で安定的に存在していることがわかる。

表 3.19 傾斜・標高区分別メッシュ数
(宅地, 1976 年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	8,151	465	67	3	1
3° ~ 8°	301	772	132	34	17
8° ~ 15°	25	462	55	28	26
15° ~	2	58	33	52	15

表 3.20 傾斜・標高区分別メッシュ数
(宅地, 1987 年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	8,551	646	87	4	1
3° ~ 8°	325	1,036	168	45	21
8° ~ 15°	26	587	78	37	35
15° ~	2	79	44	63	16

表 3.21 傾斜・標高区分別メッシュ数
(宅地, 1991 年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	8,585	758	147	8	1
3° ~ 8°	325	1,277	349	90	21
8° ~ 15°	26	644	111	47	35
15° ~	2	86	51	66	16

表 3.22 傾斜・標高区分別 r_i の値
(宅地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	0.989	0.959	0.821	0.667	1.000
3° ~ 8°	0.993	0.977	0.818	0.794	0.824
8° ~ 15°	1.000	0.981	0.946	0.786	0.885
15° ~	1.000	0.983	0.909	0.942	0.933

表 3.23 傾斜・標高区分別 p_{ii} の値
(宅地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	0.992	0.970	0.884	0.756	1.000
3° ~ 8°	0.995	0.984	0.871	0.849	0.824
8° ~ 15°	1.000	0.985	0.960	0.843	0.885
15° ~	1.000	0.987	0.927	0.958	0.951

表 3.24 傾斜・標高区分別 a_i の値
(宅地)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	0.988	0.953	0.743	0.616	—
3° ~ 8°	0.992	0.972	0.782	0.763	0.797
8° ~ 15°	—	0.979	0.937	0.753	0.867
15° ~	—	0.980	0.903	0.934	0.923

注) ——は安定地点が存在しないことを示す

(4) 「その他」の安定地点と地形条件の関連

「その他」は、標高 0m から 50m で傾斜が 3° 未満の区分に最も多く分布する (表 3.24~3.26)。標高 50m から 350m までの区分はすべてメッシュ数が増加している。これは多くがゴルフ場の建設によるものである。表 3.27 に示す r_i の値は、標高が低く傾斜が緩やかな区分で高くなる。これは、「海水域」、「海浜」といった標高がほぼ 0m、傾斜が 0° となる土地利用が多く含まれているためである。表 3.28 に示す遷移確率 p_{ii} は約 0.700 から 0.900 の間の値をとっている。全体的に安定地点の割合 a_i は 0.700 以下の小さな値をとっている。「幹線交通用地」が卓越したメッシュの中には、幹線道路周辺の商業用地などが含まれており、「その他の用地」には人口造成地等の空地が含まれており、比較的土地利用変化が起こりやすい条件にある土地利用が含まれていることが原因であると考えられる。数種類の土地利用を含むことから地形条件による特性を把握することが難しい。

表 3.25 傾斜・標高区分別メッシュ数 (その他, 1976 年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	4,120	451	199	39	34
3° ~ 8°	81	842	351	230	92
8° ~ 15°	4	438	208	183	151
15° ~	1	86	77	145	93

表 3.26 傾斜・標高区分別メッシュ数 (その他, 1987 年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	3,838	437	219	42	37
3° ~ 8°	64	859	361	280	102
8° ~ 15°	5	491	232	207	180
15° ~	1	144	118	205	137

表 3.27 傾斜・標高区分別メッシュ数 (その他, 1991 年)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	3,816	471	333	54	36
3° ~ 8°	64	1,009	514	352	114
8° ~ 15°	5	564	352	320	215
15° ~	1	167	155	277	162

表 3.28 傾斜・標高区分別 r_i の値 (その他)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	0.903	0.616	0.683	0.846	0.765
3° ~ 8°	0.716	0.621	0.709	0.752	0.815
8° ~ 15°	1.000	0.717	0.750	0.781	0.841
15° ~	1.000	0.814	0.753	0.710	0.828

表 3.29 傾斜・標高区分別 p_{ii} の値 (その他)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	0.932	0.741	0.817	0.868	0.765
3° ~ 8°	0.797	0.734	0.781	0.849	0.815
8° ~ 15°	1.000	0.801	0.825	0.836	0.841
15° ~	1.000	0.856	0.836	0.795	0.874

表 3.30 傾斜・標高区分別 a_i の値 (その他)

	0m ~ 50m	50m ~ 200m	200m ~ 250m	250m ~ 350m	350m ~
0° ~ 3°	0.882	0.502	0.316	0.842	—
3° ~ 8°	0.663	0.537	0.675	0.576	0.638
8° ~ 15°	—	0.656	0.693	0.754	0.775
15° ~	—	0.796	0.668	0.651	0.802

注) ——は安定地点が存在しないことを示す。

図 3.11 は、表 3.12、表 3.18、表 3.24、表 3.30 に示した安定地点の面積の割合を地図上に表示したものである。安定地点の割合が低い地域は、将来他の土地利用に変化する可能性が高く、土地利用計画上の要注意地点といえる。安定地点の割合は、過去 3 時点の土地利用遷移構造を反映した値といえる。本研究のように地形条件から地域区分を行い、空間的に安定地点の割合を示すことで過去の土地利用計画区域とのオーバーレイ解析など、これまでの土地利用政策の意図が十分に反映されているかの評価に応用できる

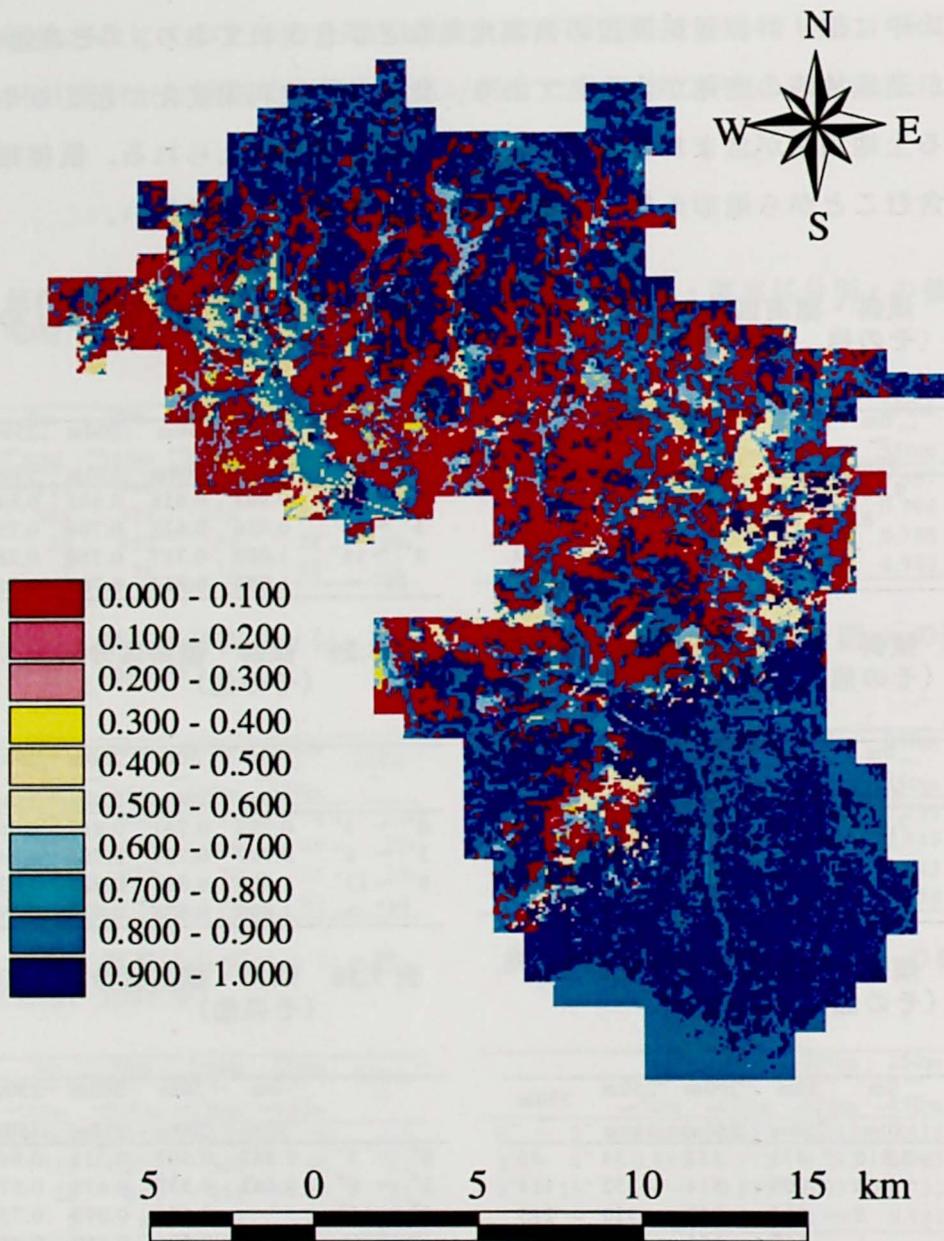


図 3.11 安定地点の分布

3.4.2 土地利用の安定地点と空間分布の関連性

ここでは、土地利用の安定地点の割合と土地利用分布の関連性について分析を行う。阪神地区のような大都市近郊地帯において、無秩序な開発による農林地の減少は土地利用上の重要な問題の一つである。そこで、「農地」、「林地」に焦点を絞り、それぞれの分布形態、および近傍に分布する土地利用の種類と、安定地点の割合との関連性を以下の手順で明らかにした。

安定地点の割合の閾値を 0.8 に設定し、「農地」、「林地」の安定地点の割合が閾値よりも小さい地域（以下、R1）と大きい地域（以下、R2）の二つの地域に分類した。ここで、閾値の設定には、一方の地域のメッシュ数が極端に多くならないように閾値の値を変化させて分析を行い、双方の特性が最も顕著に表れた値を採用した。この二つの地域の比較分析を SAF、SCF の理論を利用して、安定地点の空間分布パターンを明らかにした。なお、SAF および SCF の対象は、当該メッシュを中心とする 20×20 の 400 メッシュとした。また、R1、R2 の両地域において SAF、SCF の 3 次元表示図と 2 次元表示図を示し、さらに比較しやすいように、当該メッシュを通る東西方向の 3 次元メッシュの切断面を示した。

これらの地域比較について、若干、複雑な解釈を要するので説明を加える。

地域比較を行ったときに、ある土地利用 i の R1 と R2 における分布形態に差異があったとすれば、安定地点の割合と分布形態に関連性が認められることになる。その分布形態を示す指標の一つである SAF の値は、土地利用 i のまとまりを表すものであるから、値が大きいほど土地利用 i はまとまって分布していることを示す。たとえば、ある土地利用 i の R1 における SAF の値が、R2 と比較して小さいとき、まとまって分布している土地利用 i の安定性は高く、点在するような形態で分布している土地利用 i の安定性は低くなっていることを示すことになる。

SCF の値は、ある土地利用 j に対する土地利用 i の共存性、排斥性を示すものであり、値が大きければ隣接して分布し、値が -1 に近ければ土地利用 i と土地利用 j は共に近くに分布していないことを示す。たとえば、土地利用 j に対する土地利用 i の R1 における SCF の値が、R2 よりも大きいとき、土地利用 i は土地利用 j の近傍に分布しているときに安定性が低いということになる。

(1) 「農地」の安定地点の空間分布特性

R1 と R2 での SAF の値を比較するとそれほど大きな差異はみられない。しかし、R2 では南北方向の連担性が高くなっている。これは、農業的な性格が強く、都市化の影響を受けにくかった三田市において、南北に細長く分布する農地の形態が反映したものと考えられる。「農地」の連担性と安定地点における関連はほとんど認められない（図 3.12～3.16）。

SCF の値は R1, R2 共に、「林地」に対して排斥性を示し、3 メッシュ以上離れると SCF の値は 0 に近くなる（図 3.17～3.21）。ここでも、両地域の SCF の値に差異はみられない。「宅地」、「その他」に対する SCF の値は、両地域とも -0.2 から 0 の間の小さな値をとっており、「宅地」、「その他」の分布と、農地の安定地点の関連性は認められなかった。（図 3.22～3.31）。

以上より、R1, R2 両地域での SAF, SCF の値に大きな差異は観測されず、「農地」の安定地点の空間分布パターンに、「農地」のまとまりや、周辺に分布する土地利用の種類に対する特徴はみられなかった。阪神地区の農地の多くは尼崎市、西宮市といった都市部から離れた山間部に分布しており、その周辺の土地利用は「林地」が卓越している。したがって「宅地」、「その他」といった都市的土地利用とは大きく離れた「農地」が多いために SCF の値は変動しなかったと考えられる。

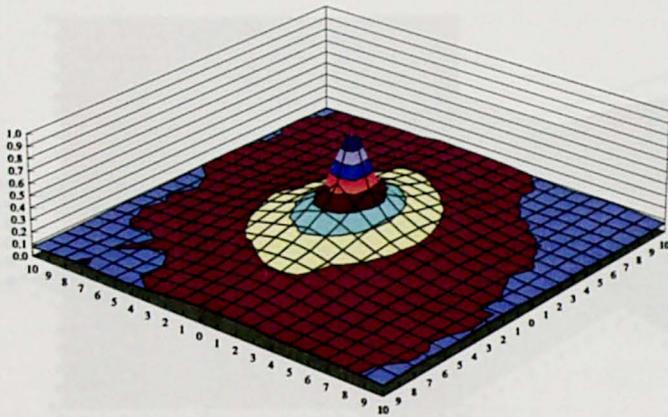


図 3.12 農地 (R1) の連担性
(SAF の 3 次元表示)

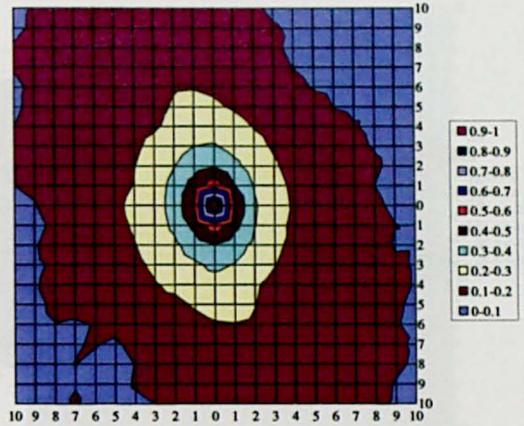


図 3.13 農地 (R1) の連担性
(SAF の 2 次元表示)

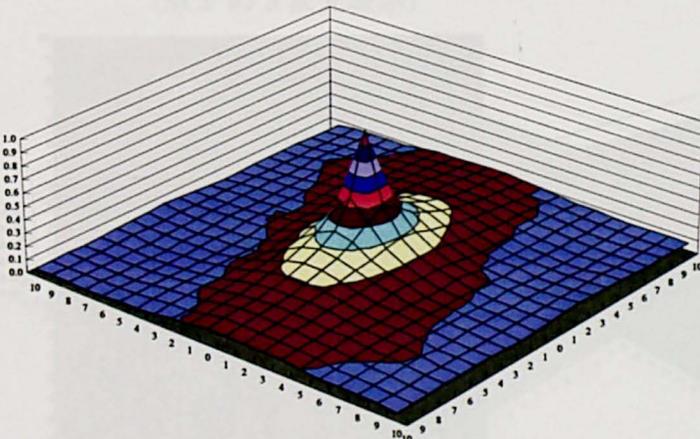


図 3.14 農地 (R2) の連担性
(SAF の 3 次元表示)

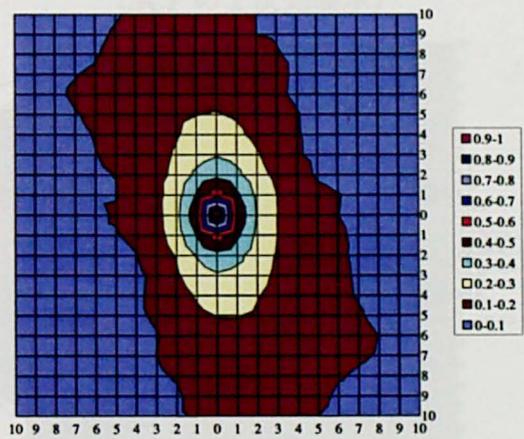


図 3.15 農地 (R2) の連担性
(SAF の 2 次元表示)

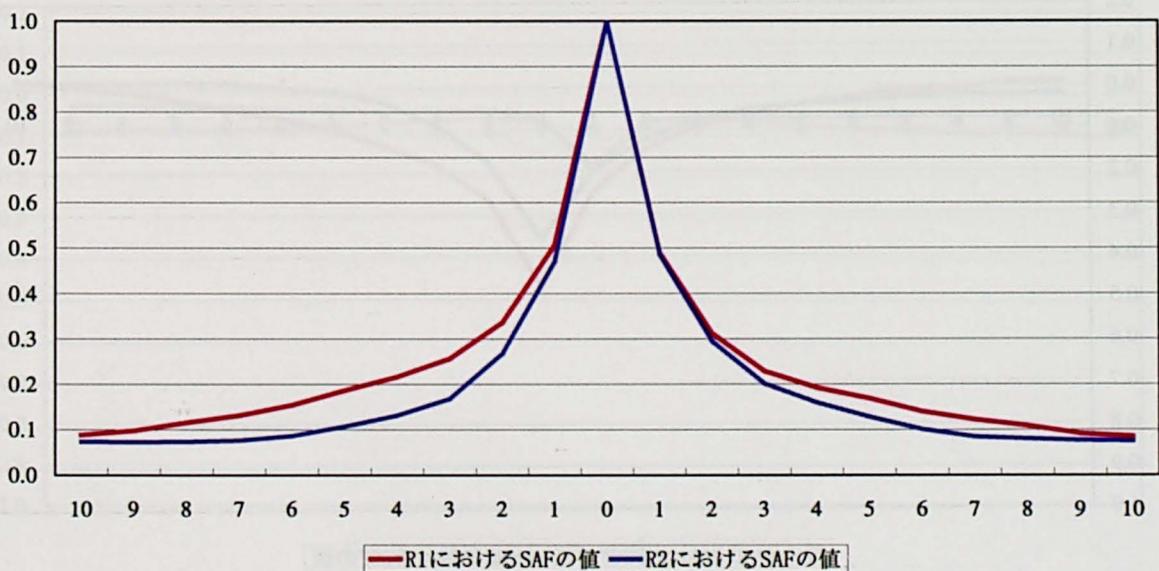


図 3.16 R1 と R2 における SAF の値の比較 (農地)

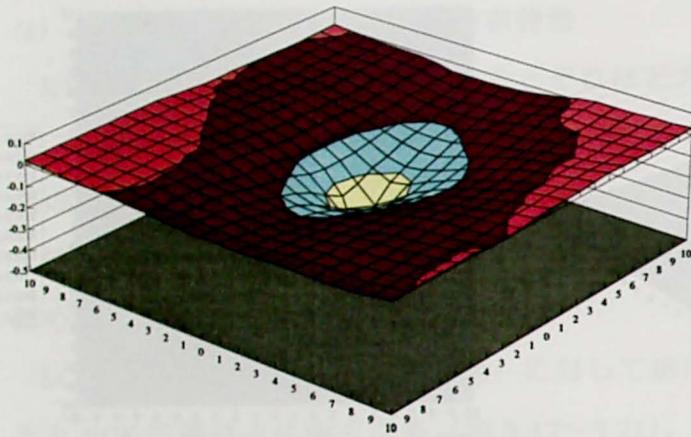


図 3.17 農地 (R1) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

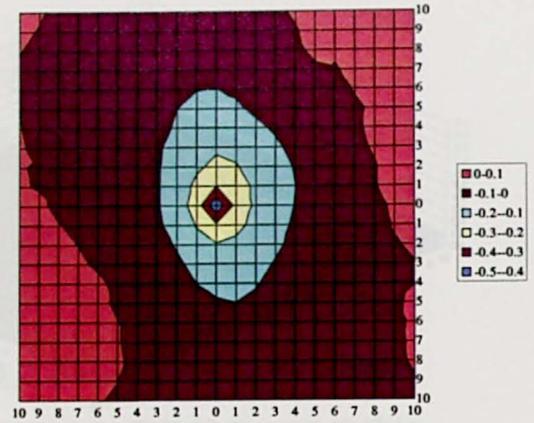


図 3.18 農地 (R1) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

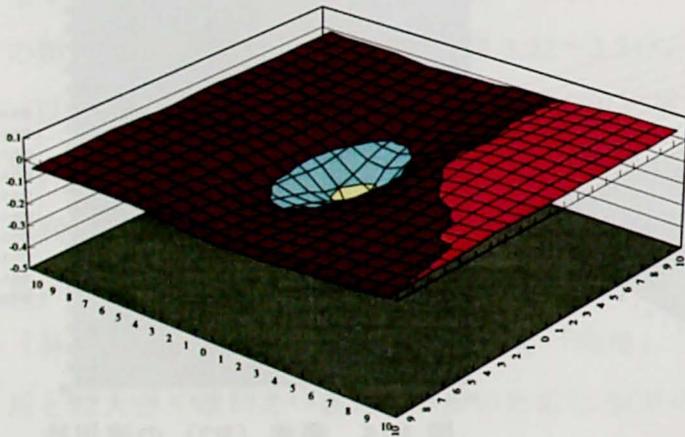


図 3.19 農地 (R2) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

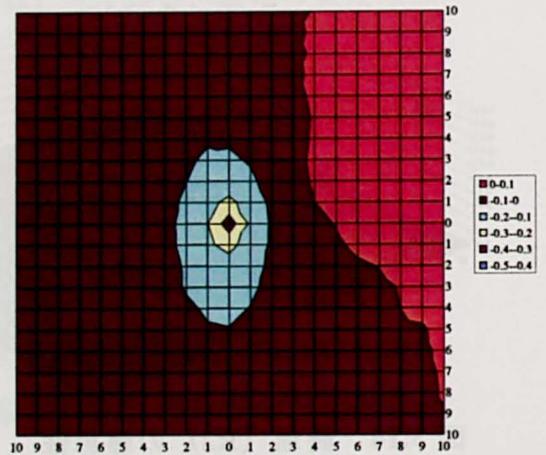


図 3.20 農地 (R2) と林地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

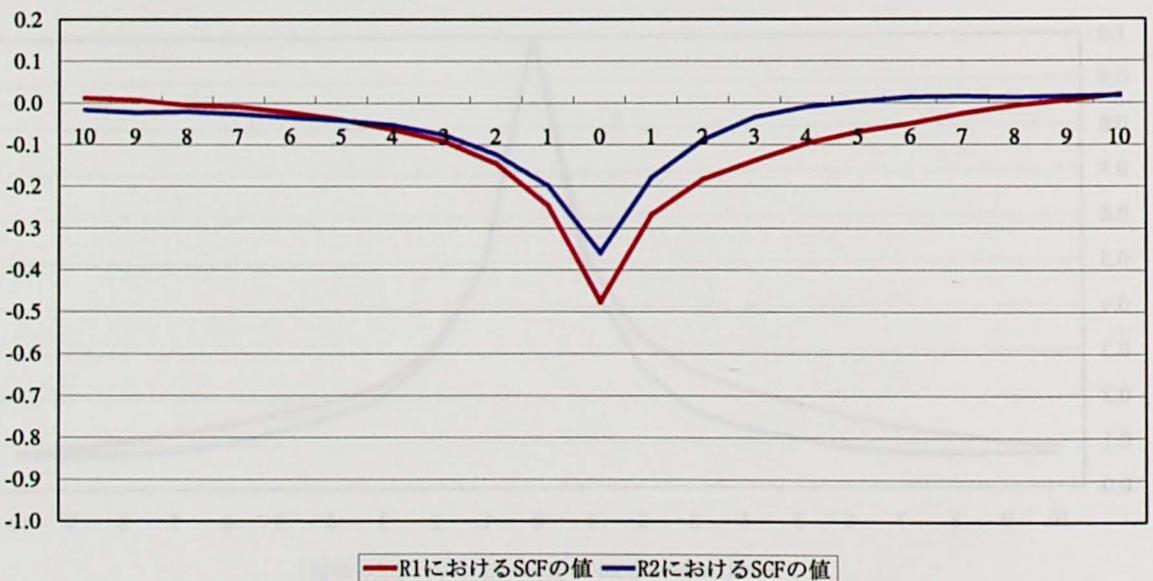


図 3.21 R1 と R2 における SCF の値の比較 (農地と林地)

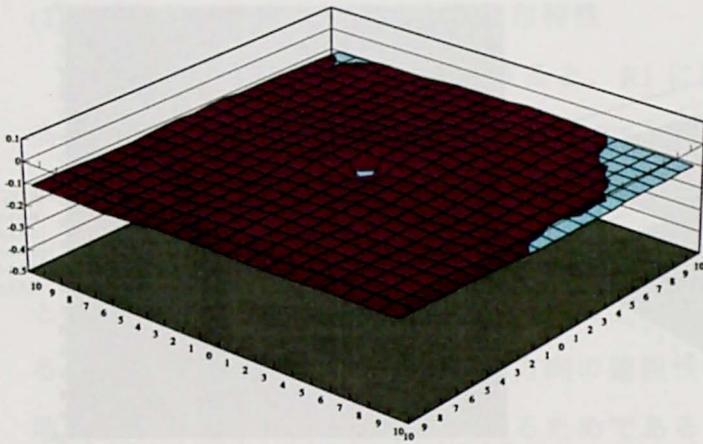


図 3.22 農地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

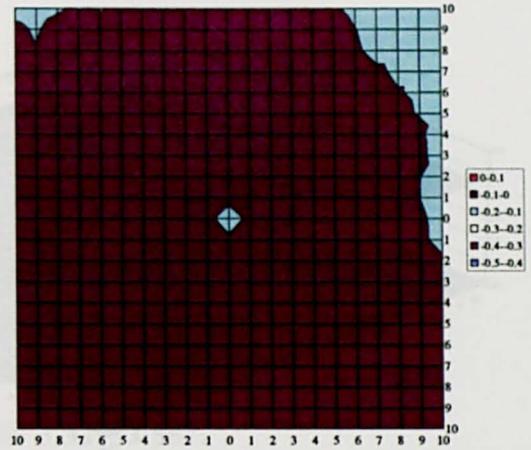


図 3.23 農地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

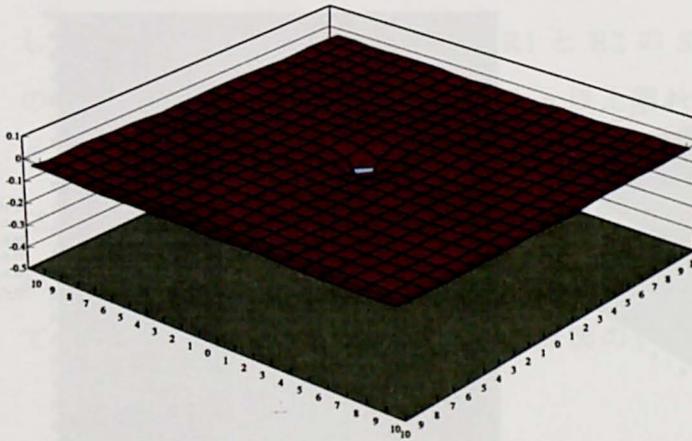


図 3.24 農地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

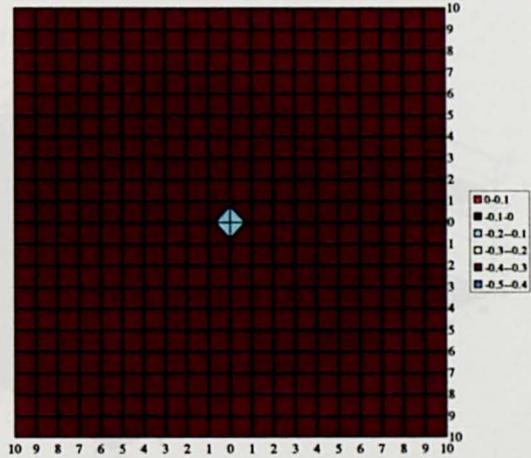


図 3.25 農地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

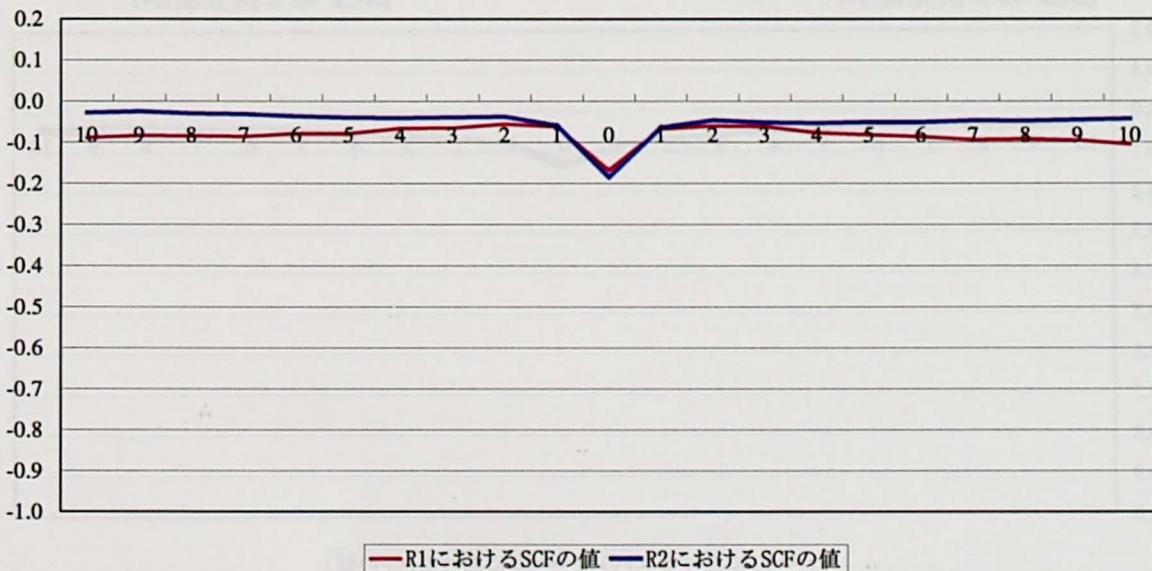


図 3.26 R1 と R2 における SCF の値の比較 (農地と宅地)

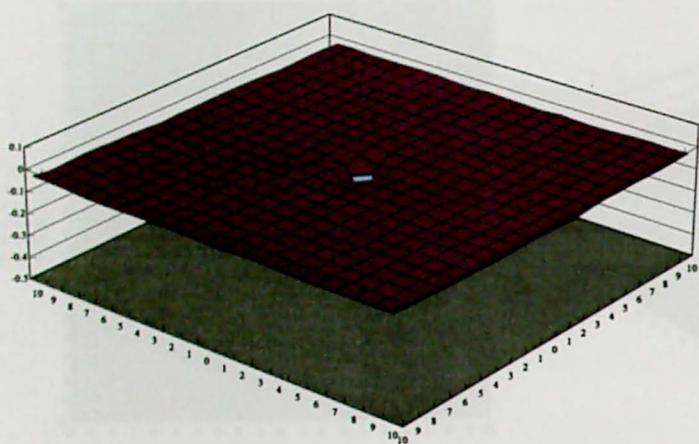


図 3.27 農地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

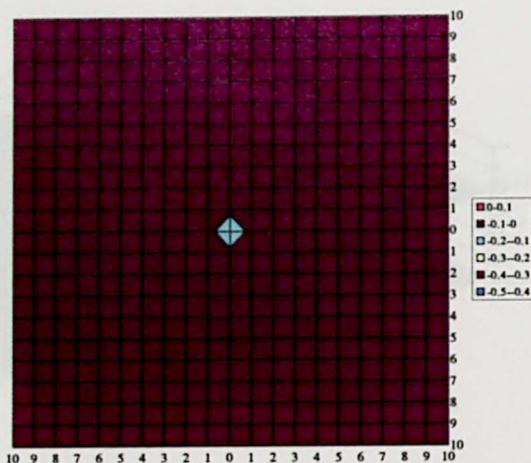


図 3.28 農地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

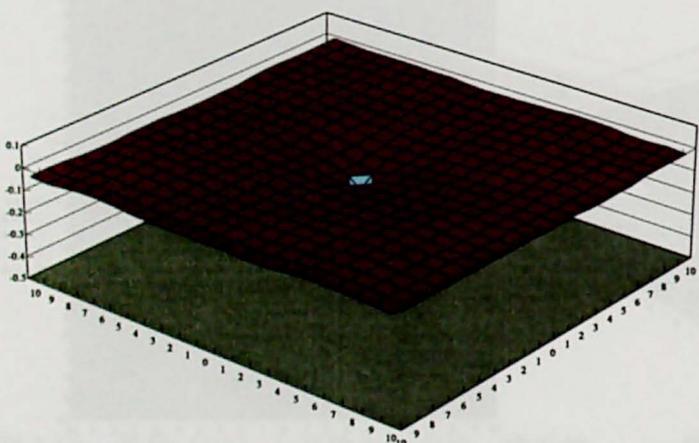


図 3.29 農地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

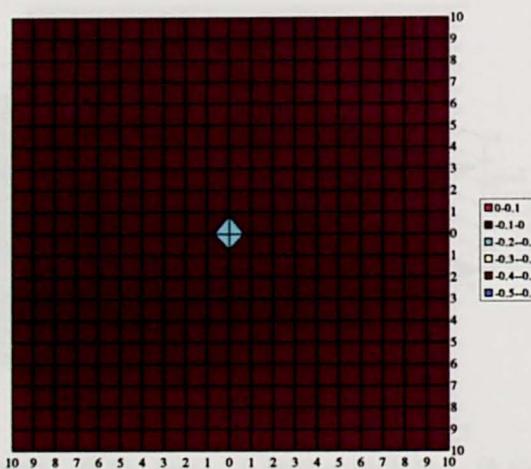
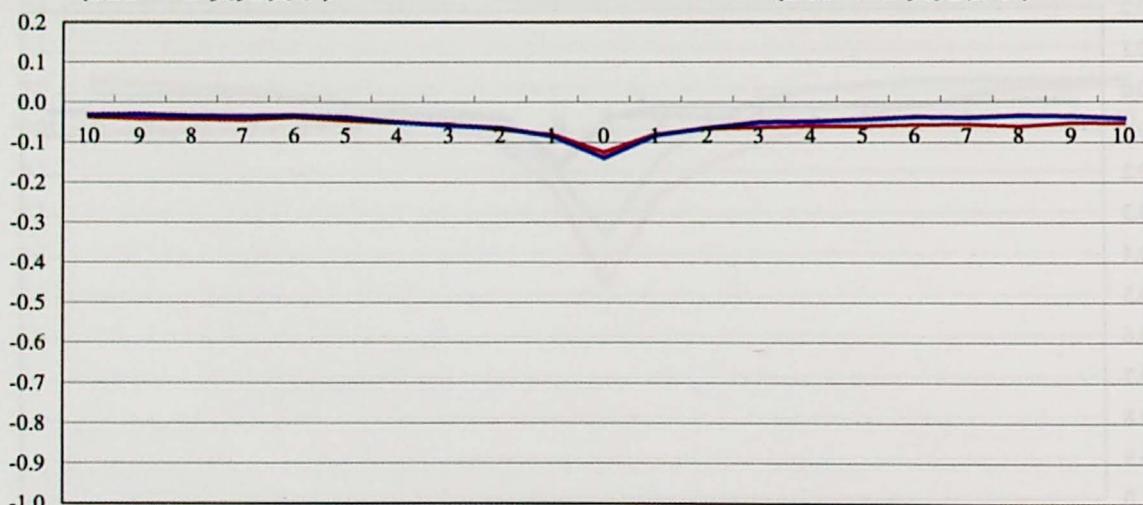


図 3.30 農地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)



— R1におけるSCFの値 — R2におけるSCFの値

図 3.31 R1 と R2 における SCF の値の比較 (農地とその他)

(2) 「林地」の安定地点の空間分布特性

R1 と R2 での SAF の値を比較すると、R1 に比べて R2 での SAF の値が極めて高く、10 メッシュ離れても SAF の値は 0.5 以上の値を示し、高い連担性を示している。安定地点の割合が高い区分では、「林地」がまとまって分布していることを示している。したがって、まとまりがなく、点在するような形態で分布しているとき、安定地点の割合は低くなり、他の土地利用に変化する可能性が高いといえる。また、両地域ともに若干南北方向の連担性が高くなっているが、これは対象地域がやや南北に長い形をしているためである（図 3.32～3.36）。

R1, R2 における「農地」に対する SCF の値は排斥性を示しているものの、それほど強い相関はみられない（図 3.37～3.41）。また、「宅地」と「その他」に対しては、強い排斥性がみられる。R1 と R2 の SCF の値を比較すると、「その他」の R2 における排斥性が 2 メッシュ以上離れると強くなり、安定地点の割合が高い区分では「宅地」、「その他」といった都市的な要素が強い土地利用の近傍には分布していない傾向が示されている（図 3.43～3.52）。阪神地区はゴルフ場の建設による「林地」から「その他」の転用が多くみられており、これが R1 において「その他」との関連性がみられた原因の一つと考えられる。

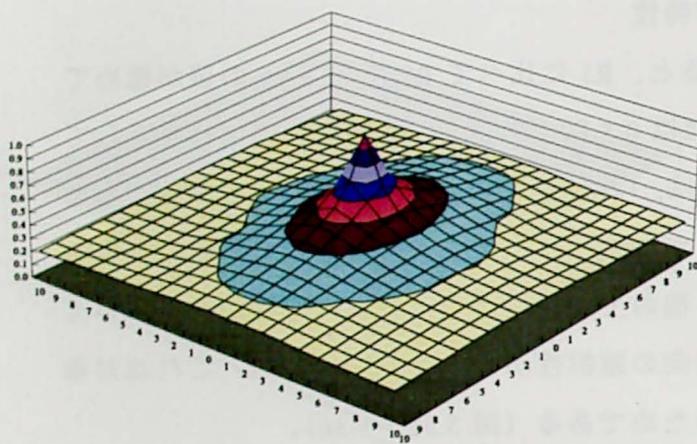


図 3.32 林地 (R1) の連担性
(SAF の 3 次元表示)

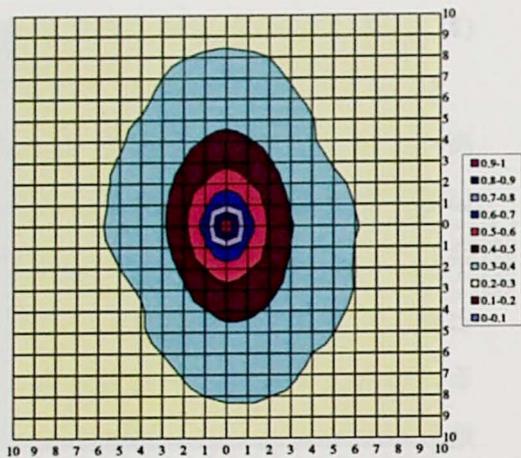


図 3.33 林地 (R1) の連担性
(SAF の 2 次元表示)

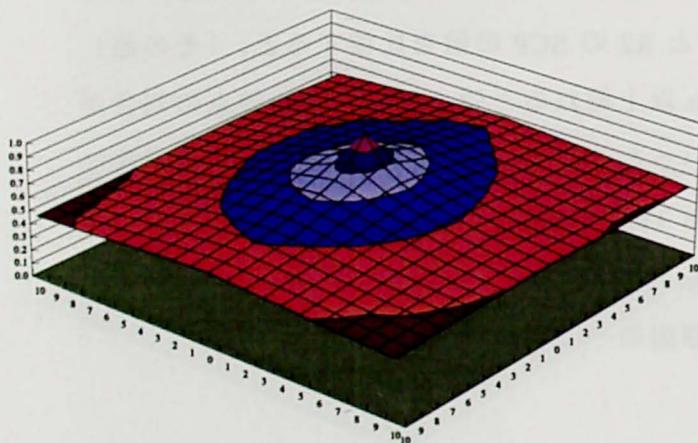


図 3.34 林地 (R1) の連担性
(SAF の 3 次元表示)

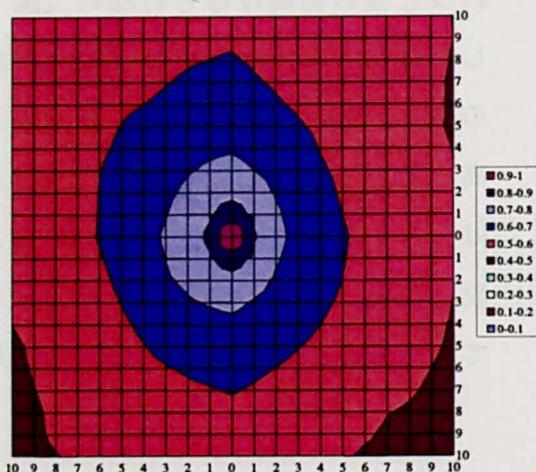


図 3.35 林地 (R1) の連担性
(SAF の 2 次元表示)

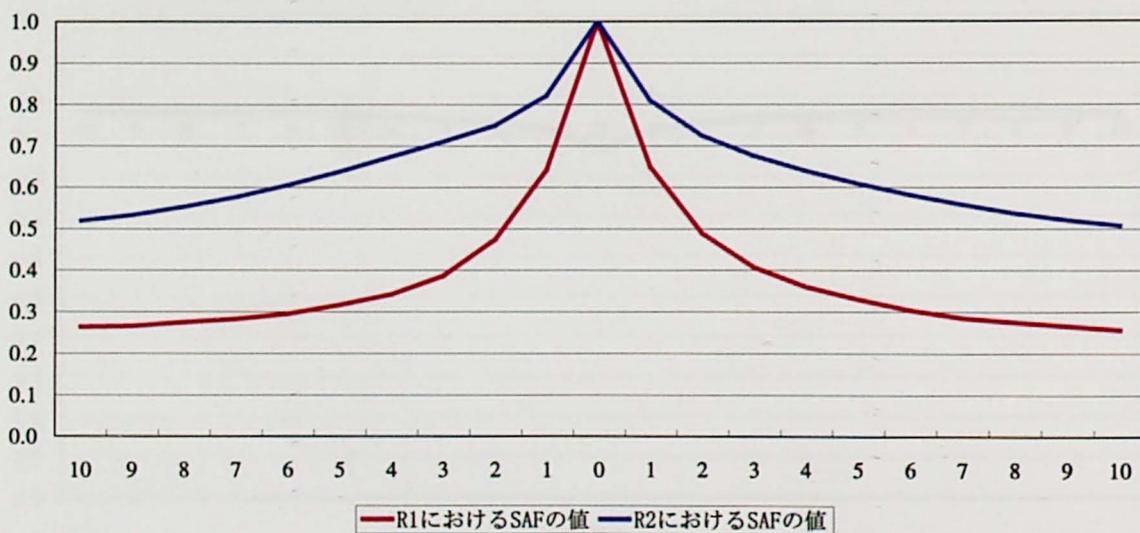


図 3.36 R1 と R2 における SAF の値の比較 (林地)

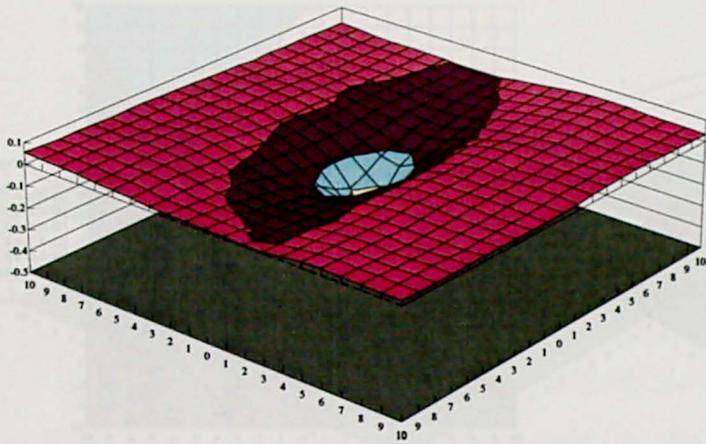


図 3.37 林地 (R1) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

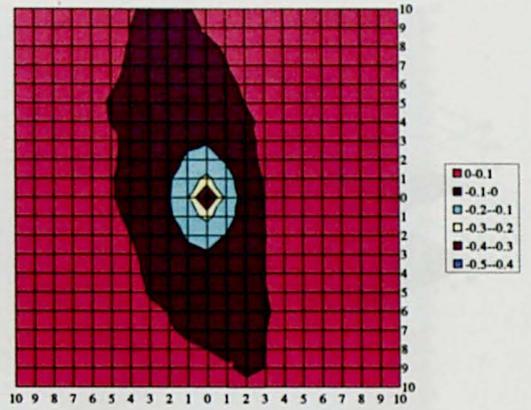


図 3.38 林地 (R1) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

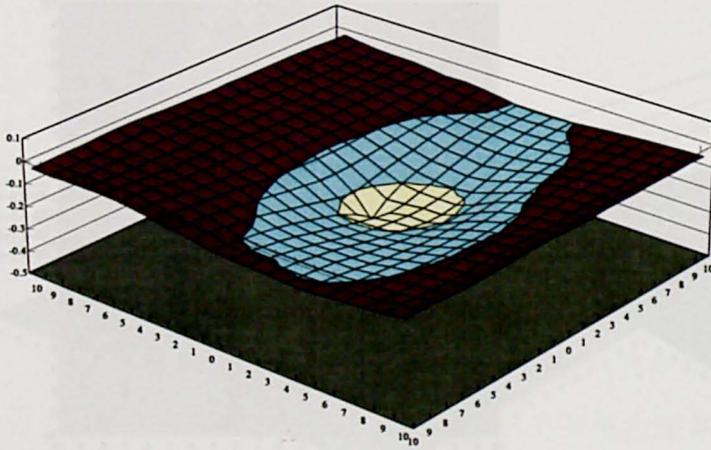


図 3.39 林地 (R2) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

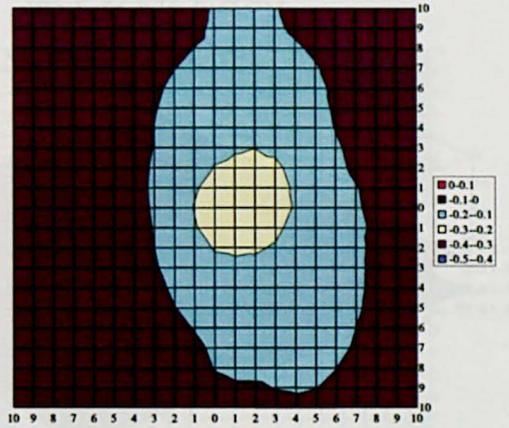


図 3.40 林地 (R2) と農地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

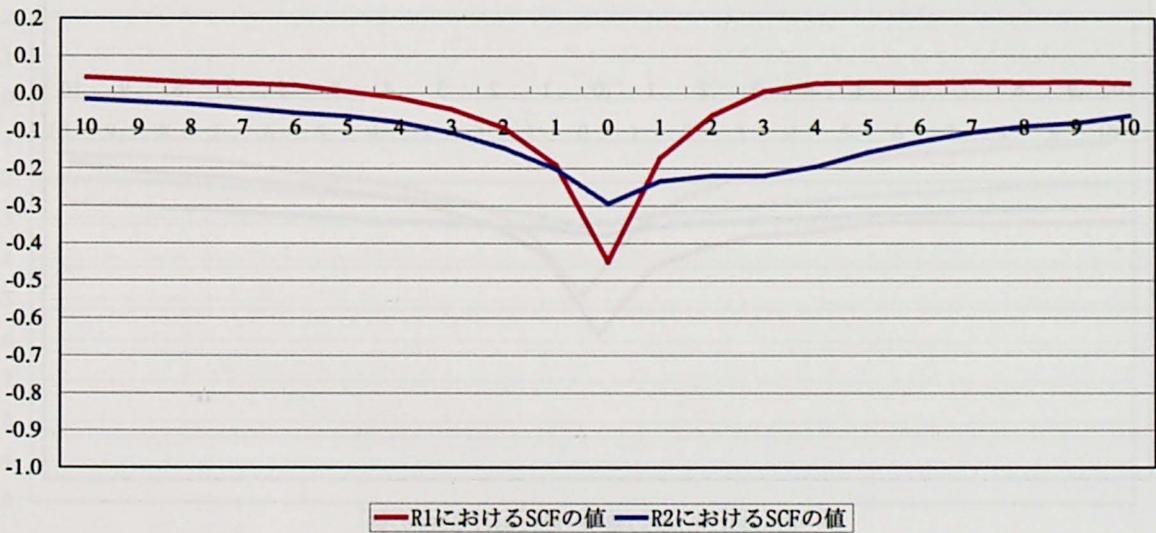


図 3.41 R1 と R2 における SCF の値の比較 (林地と農地)

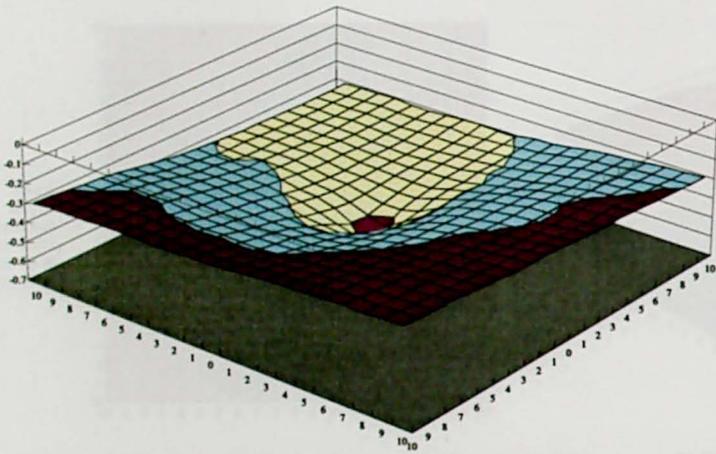


図 3.42 林地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

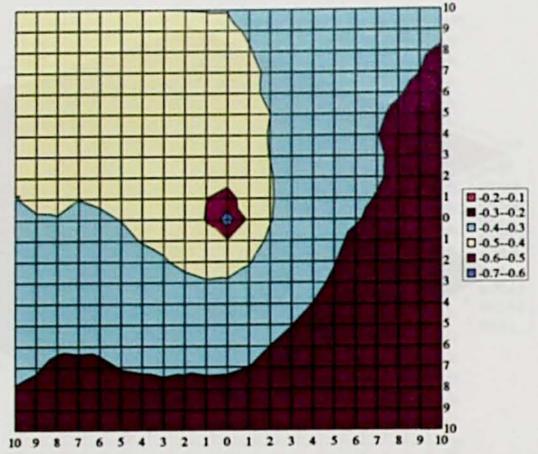


図 3.43 林地 (R1) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

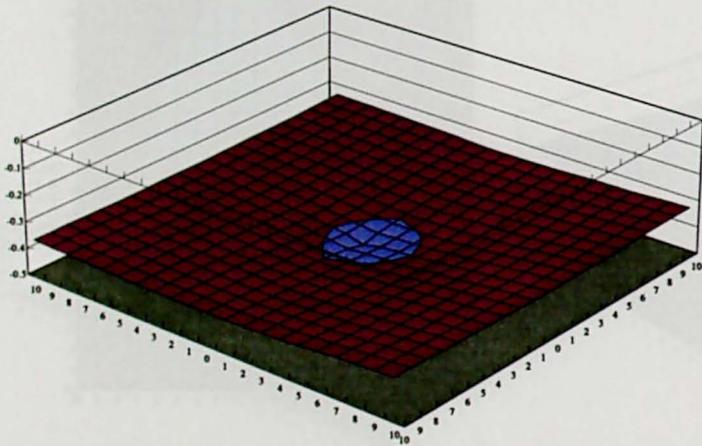


図 3.44 林地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

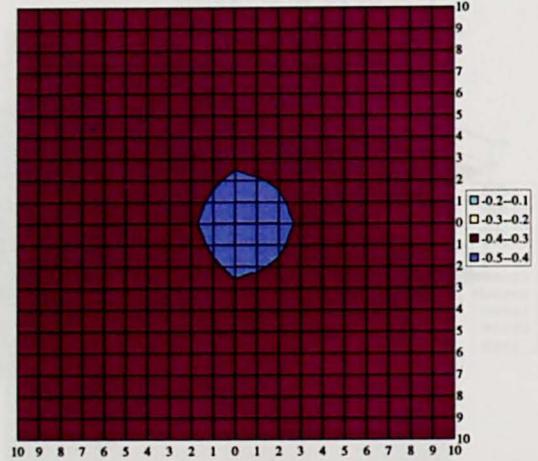


図 3.45 林地 (R2) と宅地の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

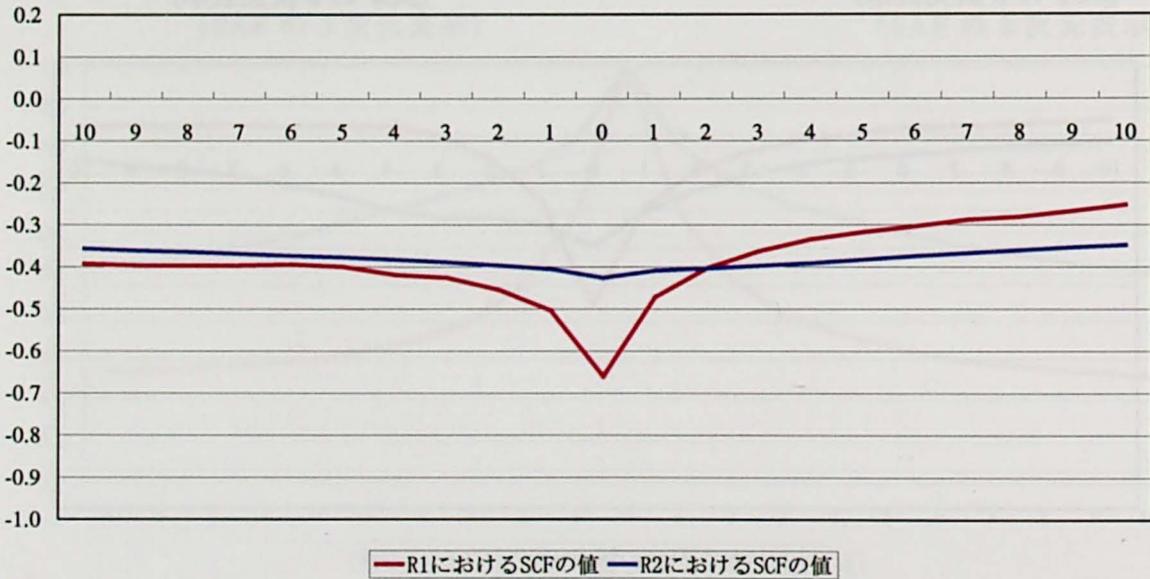


図 3.46 R1 と R2 における SCF の値の比較 (林地と宅地)

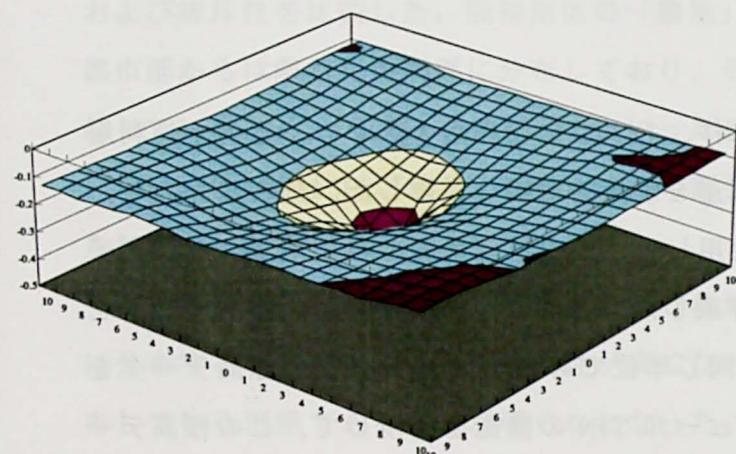


図 3.47 林地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

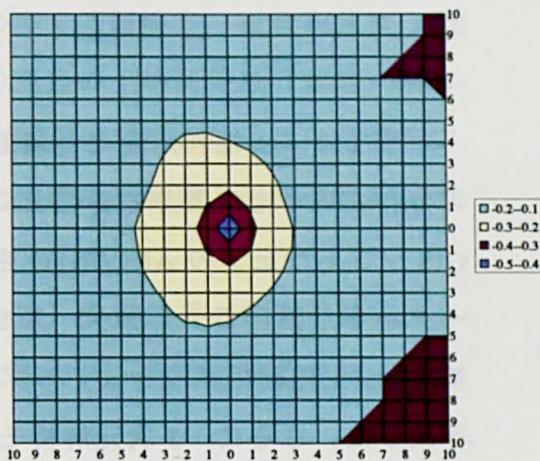


図 3.48 林地 (R1) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

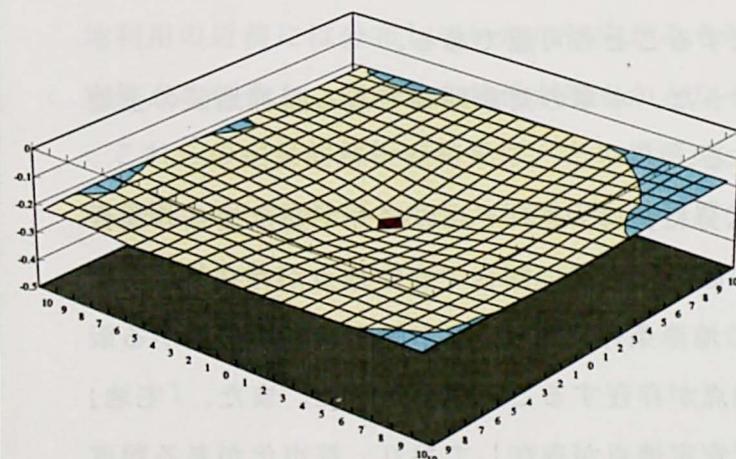


図 3.49 林地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 3 次元表示)

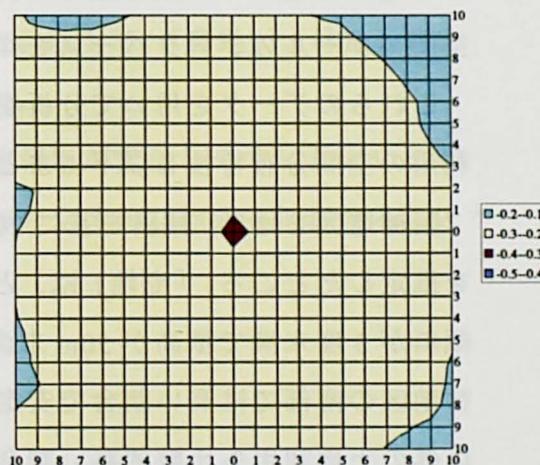


図 3.50 林地 (R2) とその他の共存性・排斥性 (SCF の 2 次元表示)

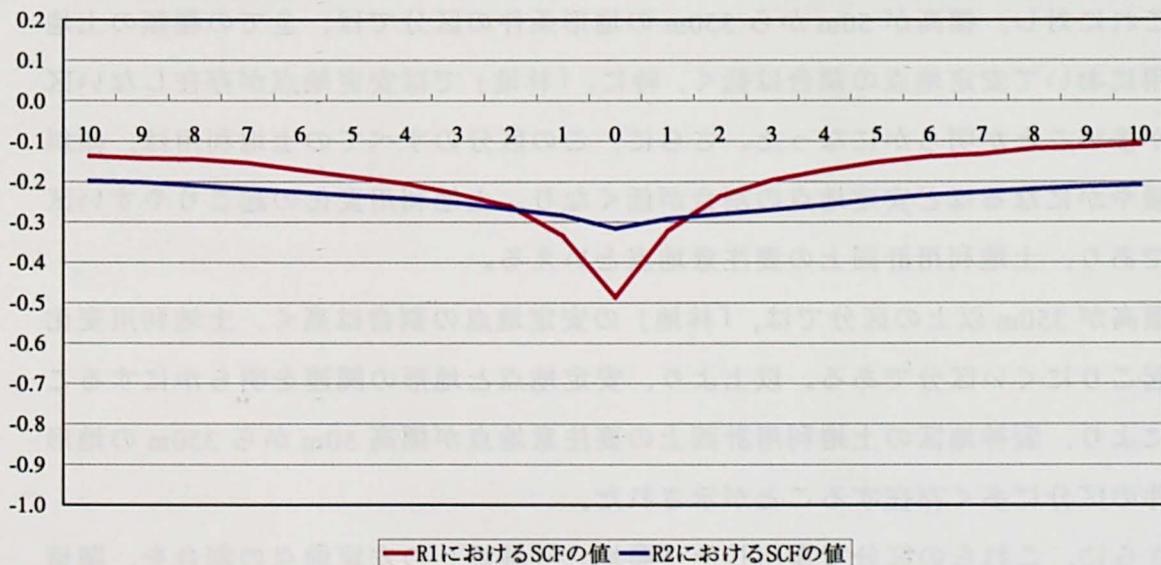


図 3.51 R1 と R2 における SCF の値の比較 (林地とその他)

3.5 まとめ

本章では、土地利用変化と地形条件、および土地利用の広がり、近傍土地利用の分布といった空間分布特性との関連を定量的に明らかにした。分析に先立ち、GIS ソフトウェアの ARC/INFO を使用して、国土数値情報の自然地形メッシュデータから、独自のデータベースを作成した。まず、1/4 細分区画の標高データを補間し、土地利用メッシュデータと同じ単位である 1/10 細分区画の標高データを作成した。さらに、3次元解析モジュール TIN の機能を活用して、この標高データから TIN を作成し、可能な限り立体形状を忠実に再現して傾斜を算出した。本章で用いた補間の手順は極めて汎用性が高く、既存の標高データを用いて様々な空間スケールのデータベースを作成することも可能である。

これらのデータを用いて分析を行った。本章の対象地域である阪神地区の土地利用の空間分布特性を以下にまとめる。

阪神地区を地形、傾斜を基に 20 区分に分け、それぞれの区分で安定地点の割合を推定したところ、「宅地」は、どの区分でも高い割合で安定地点が存在し、特に傾斜が 3 度未満で標高が 50m 未満の地形条件にあり、都市的土地利用が広がる阪神地区の南部では高い割合で安定地点が存在することが分かった。また、「宅地」以外の土地利用も比較的高い割合で安定地点が存在しており、都市化がある程度収束していることが示されている。

これに対し、標高が 50m から 350m の地形条件の区分では、全ての種類の土地利用において安定地点の割合は低く、特に、「林地」では安定地点が存在しない区分が多いことが明らかになった。さらに、この区分のすべての土地利用は、傾斜が緩やかになるほど安定地点の割合が低くなり、土地利用変化の起こりやすい区分であり、土地利用計画上の要注意地点といえる。

標高が 350m 以上の区分では、「林地」の安定地点の割合は高く、土地利用変化は起こりにくい区分である。以上より、安定地点と地形の関連を明らかにすることにより、阪神地区の土地利用計画上の要注意地点が標高 50m から 350m の地形条件の区分に多く存在することが示された。

さらに、これらの区分で算出した「農地」、「林地」の安定地点の割合を、閾値を設定して安定地点の割合が高い地域と低い地域に分類し、各土地利用の連担性、

および排斥性を比較した。阪神地区の「農地」の多くは尼崎市、西宮市といった都市部からは離れた山間部に分布しており、その周辺の土地利用は「林地」が卓越しているため、「宅地」、「その他」といった都市的土地利用の近くには分布していない。したがって、「農地」の安定地点の割合と他の土地利用との関連性は認められなかった。

安定地点の割合が高い区分に分布する「林地」は、安定地点の割合が低い区分に分布する「林地」に比べて連担性が高くなっており、一定の広がりを持って分布している形態であることが明らかになった。

また、「農地」に対しては、それほど強い関連はみられなかったが、「林地」の安定地点の割合が高い区分では「その他」に対して排斥性がみられ、これらの土地利用の近傍には分布していない傾向がみられた。以上で、「農地」、「林地」の安定地点の割合と、空間分布特性が明らかとなった。

これらの定量的解析の結果は、どの場所の土地利用が変化しやすいかという判断基準の一つの材料となり、地域の土地利用分布の全体的な傾向を把握することも可能である。

第4章 地理的重み付け回帰による土地利用モデルの構築

地域計画の分野において、現状の地域の状態を把握するために、空間的に分布している様々な特性を定量的に把握することは重要である。なかでも、都市化に伴う無秩序な農地転用、および森林伐採などの土地利用に関する諸課題に対して、土地利用を規定する要因を明らかにすることは土地利用計画策定の際に必要な不可欠な作業である。

土地利用モデルの構築は、土地利用を規定する要因を把握する一つの代表的な地域分析の方法である。これは、精度の高いモデルを構築することで、パラメータの値の大小、あるいは符号の解釈から様々な要因を定量的に評価できるからである。これまでも土地利用モデル構築による地域分析の例は少なくないが、それらの要因が土地利用に与える影響は地域内で一定であるとして扱われている場合が一般的である。たとえば、ある対象空間内に分布する一変量 y （ある土地利用種）を説明するために、いくつかの変量を用いて重回帰分析でパラメータを与えるとすると、地域内で一組のパラメータが得られるが、これは対象空間における土地利用構造の一様性を仮定したことになる。しかし、広域を対象とすると、対象空間内には都市部と農村部などの異質な地域が複数錯綜している場合が普通である。これらの地域間で変数同士の関係は一定ではなく、個々の地域に特有な変数 y の決定構造、つまりパラメータの強弱の違いがあると考えられる。

空間における土地利用構造が一様であるという仮定は理論的にも裏付けがなく、経験的な知見からみても土地利用構造は空間的に変動していると考えられる。

このような変数間の影響の空間的な変動を把握できる分析手法として Fotheringham (1996) は、Geographically Weighted Regression (地理的重み付け回帰、以下 GWR) を提唱している。

第3章では、4地目(農地、林地、宅地、その他)の土地利用の安定地点の分布と自然地形条件との関連を分析し、土地利用の安定地点の割合を視覚的に表現した。したがって、土地利用の安定地点は自然地形条件と関連があることが明らかになっていることから、安定地点は自然条件を始めとした様々な条件に規定されていると考えられる。土地利用の安定地点は、過去の3時点の土地利用データ

から算出されるため、その時点間の土地利用遷移構造を反映した指標である。その空間構造を明らかにすることは、地域計画の観点からも重要である。

本章では、メッシュデータを用いて分析単位空間内の全農地面積に対する農地の安定地点面積の割合を求め、傾斜などの地理的要因との関連が空間上で変動することを、GWRを用いて明らかにする。さらに、地域間の影響の一様性を前提とした従来の重回帰分析と対比する形で、GWRの有用性を検証する。

なお、本章の内容は西前ら（1999）において公表した論文を加筆修正したものである。

4.1 地理的重み付け回帰

4.1.1 重回帰分析と GWR

GWR は、回帰分析を応用させた分析手法である。まず、本章での比較対象である重回帰モデルは次式で与えられる。

$$y_i = \sum_k a_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (4.1)$$

y_i : i 地点の被説明変数

x_{ik} : i 地点の k 番目の説明変数 ($k=1,2,\dots,n$)

a_k : k 番目の説明変数のパラメータ

ε_i : i 地点の誤差項

(4.1) 式のパラメータは次式で与えられる。

$$\hat{a} = [X^T X]^{-1} X^T y \quad (4.2)$$

\hat{a} : パラメータ a の行列形式 ($p \times 1$)

X : 説明変数 x の行列形式 ($n \times p$)

X^T : X の転置行列 ($p \times n$)

y : 被説明変数

一方、GWR は次式で与えられる。

$$y_i = \sum_k a_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (4.3)$$

(u_i, v_i) : i 地点の座標

$a_k(u_i, v_i)$: i 地点の k 番目のパラメータ

(4.3) 式のパラメータは次式で与えられる。

$$\hat{a}(u_i, v_i) = [X^T W(u_i, v_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i) y \quad (4.4)$$

$W(u_i, v_i)$: $n \times n$ 行列の対角行列

重回帰モデルによる地域分析には、説明変数が被説明変数に与える影響が、地域内で一様であると仮定し、地域全体で一組のパラメータが得られる。これに対し、GWRによる地域分析では各分析地点の変数に対してパラメータが得られるので、説明変数が被説明変数に与える影響の空間的変動を把握することができる。

(4.4) 式における $W(u_i, v_i)$ の対角要素 w_{ij} を推定する方法として、カーネル法が一般的に用いられる。この方法では、実現値の周辺では確率密度関数の値が高いという仮定に基づき、各実現値の周りにカーネルと呼ばれる関数をおく。ここでは、カーネル関数として、次の関数を仮定する。

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{d_{ij}^2}{\beta^2}\right) \quad (4.5)$$

d_{ij} : i 地点と j 地点との距離

β : 定数

(4.5) 式から w_{ij} の値は、 d_{ij} が減少するほど増大することがわかる (図 4.1)。つまり j 地点の変数は i 地点との距離が近いほど i 地点のキャリブレーションに

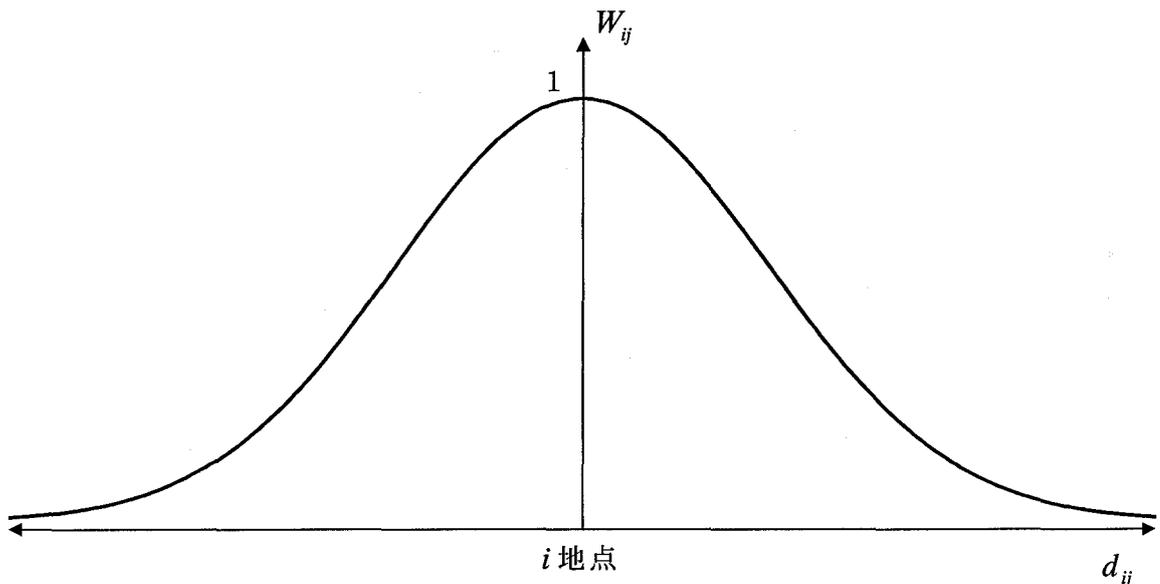


図 4.1 重み w_{ij} と距離 d_{ij} の関係

対しての影響が強くなり、逆に距離が遠いほど、弱くなっていくことになる。

これを土地利用分析に適用した場合、各観測点の近傍では、同じような土地利用空間構造があることを仮定していると解釈できることになる。たとえば、地域内に農村部と都市部が存在するとき、農村部周辺では農村部特有の土地利用空間構造を持つことを仮定し、都市部周辺では都市部特有の土地利用空間構造を持つことを仮定している。したがって、地域内に同じような土地利用空間構造が、ある一定の広がりをもって分布していることを仮定しており、観測点から離れるにしたがって、パラメータ推定の際の影響が小さくなっていくということは経験的に考えても妥当性があるといえよう。

4.1.2 重み付け関数のキャリブレーション

(4.5) 式において β を無限に大きくすると、重み W_{ij} の値はすべてのサンプルに対して 1 になり、通常の重回帰分析をサンプル数の数だけ繰り返すことになってしまう。逆に β を小さくすると、パラメータ決定は、 i に近接したサンプルに強く依存していくことになる (図 4.2)。

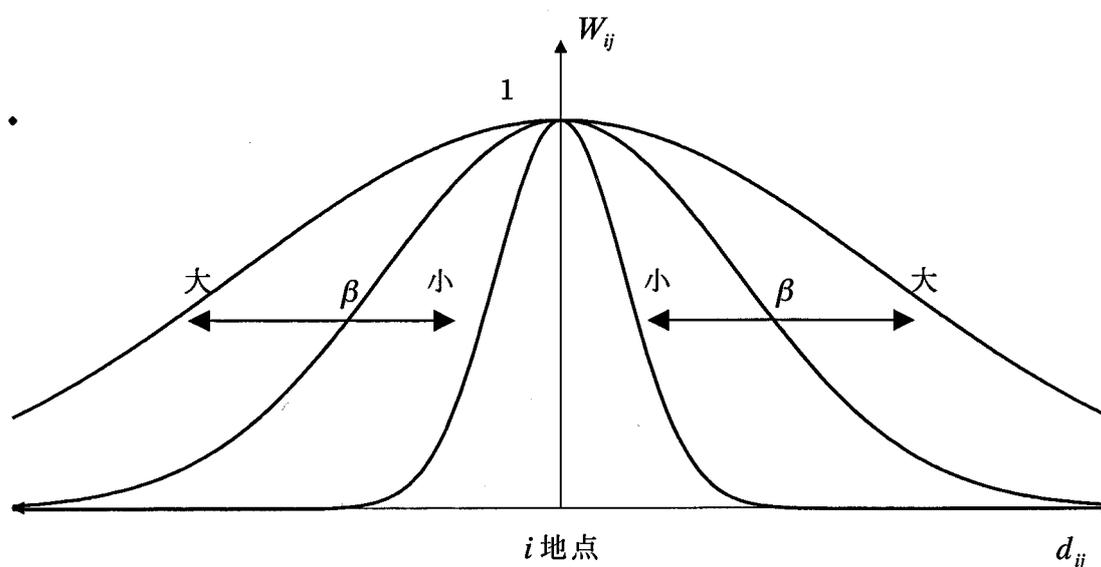


図 4.2 重み W_{ij} と定数 β の関係

最小 2 乗法により β を推定することは次式を意味する。

$$\sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i(\beta)]^2 \rightarrow \min \quad (4.6)$$

$\hat{y}_i(\beta)$: ある β における推定値

この基準を適用すると、 β が小さければ i 地点を除く地点の影響は無視できるようになり、推定値は実測値と等しくなるため、(4.5) 式の値は 0 になるが、適切な部分集合を決定できない。そのため、(4.5) 式における最適な β の選択方法として、Cleveland (1979)、Bowman (1984) に提唱された Cross-Validation Approach (以下、CV 法) を用いる。これは次式を最小にする基準で求める。

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(\beta)]^2 \quad (4.7)$$

$\hat{y}_{\neq i}(\beta)$: i 地点を除いた y_i の推定値

様々な β に対する CV 値を求めて、非線形最適化手法の一つである黄金分割法 (golden section search) により最適な解を求める。

なお、GWR はそれぞれの観測点で重回帰分析を行うので、回帰式の適合度を示す寄与率も各地点で求めることができる。

また、巻末付録 3 に GWR のプログラムを掲載している。

4.2 対象地域とデータ

研究対象地域は、大都市周辺広域行政圏の一つである北河内地域（面積177.5km²）とした。北河内地域は大阪市の北東に位置する七つの市で構成されている（図4.3, 表4.1）。データには細密数値情報の土地利用10mメッシュおよび、地形、沿線距離の100mメッシュデータを使用した。



表 4.1 北河内地域の構成
(出典 全国市町村要覧 1994年)

構成市町村名	人口	面積(km ²)
守口市	155,350	12.72
枚方市	394,066	65.07
寝屋川市	255,428	24.72
大東市	125,561	18.27
門真市	140,312	12.29
四条畷市	51,914	18.74
交野市	68,969	25.56
計	1,191,600	177.37

図 4.3 研究対象地域（北河内地域）

4.2.1 北河内地域の土地利用変化

細密数値情報の4時点の土地利用10mメッシュから北河内地域の土地利用メッシュ数の推移を表4.2に示す。1974年から1991年の期間において、最大面積を占める「山林・荒地等」は18.7%減少しており、「田」、および「畑・その他の用地」はそれぞれ42.4%、22.8%と大きく減少している。これに対し、「住宅地」、「商業・業務用地」といった都市的土地利用が大きく増加していることがわかる。また、「造成中地」、「空地」といった宅地利用予備地のメッシュ数は、1974年から1985年まで減少しているものの、1985年から1991年の期間に大きく増加してい

る。この期間はちょうどバブル経済の最盛期にあたり、大規模な開発が行われたものと考えられる。北河内地域は、大阪市と京都市の間に位置する地理的条件をもつため、幹線道路沿いの商業開発や大規模な宅地造成などによる都市化とそれに伴う農地の減少など、都市近郊地域特有の土地利用動向がみられる。

さらに、表 4.3～4.6 に北河内地域の土地利用遷移行列を示す。なお、簡単のため「田」、「畑・その他の用地」をあわせて「農地」とし、「造成中地」、「空地」を「造成地」とし、「一般低層住宅地」、「密集低層住宅地」、「中・高層住宅地」を「住宅地」に、さらに、「道路用地」、「公園・緑地等」、「その他の公共施設用地」を「公共公益施設用地」に統合した。

「山林・荒地等」は、「造成地」、および「公共公益施設用地」へと転用されるメッシュ数が多く、特に 1985 年から 1991 年の期間に「造成地」へと転用されるメッシュ数が多い。その「造成地」の多くは「住宅地」や「商業・業務用地」へと転用されている状況も把握できる。上述したバブル経済最盛期の宅地造成によるものと考えられる。「農地」は、「造成地」、「住宅地」、「公共公益施設用地」へと転用されるものが多く、ここでも 1985 年から 1991 年の期間の「造成地」への転用メッシュ数が多くなっている。図 4.4～4.7 に北河内地域の土地利用図を示す。南東部は生駒山地で傾斜地が広がり、また、南西部の平地には主に工業用地や商業用地を中心とした都市的土地利用が分布し、地域内のコントラストが顕著にみられる。

表 4.2 北河内地域の土地利用メッシュ数の推移

分類区分	1974 年	1979 年	1985 年	1991 年	変化率 (%) (74-91)	
山林・荒地等	447,525	435,622	412,929	377,141	-18.7	
農地	田	239,187	212,600	188,829	167,968	-42.4
	畑・その他の用地	73,742	72,620	67,392	60,036	-22.8
造成地	造成中地	24,077	17,207	14,610	36,294	33.7
	空地	109,054	87,483	88,371	94,600	-15.3
工業用地	108,969	110,733	109,827	107,761	-1.1	
住宅地	一般低層住宅地	226,431	238,681	251,604	260,733	13.2
	密集低層住宅地	50,073	60,918	65,026	63,869	21.6
	中・高層住宅地	34,585	41,977	46,022	52,148	33.7
商業・業務用地	74,245	82,048	89,496	99,505	25.4	
公共公益施設用地	道路用地	168,841	180,362	182,680	184,285	8.4
	公園・緑地等	47,765	50,344	60,632	70,494	32.2
	その他の公共施設用地	91,130	104,363	118,727	124,123	26.6
河川・湖沼等	79,686	80,352	79,165	76,353	-4.4	
総メッシュ数	1,775,310					

注) 表中の数値は、10m メッシュの数を示す。

表 4.3 土地利用遷移行列 (1974-79 年)

	山林・荒地等	農地	造成地	工業用地	住宅地	商業・業務用地	公共公益施設用地	河川・湖沼等
山林・荒地等	427,625	1,421	7,123	483	3,879	564	6,025	405
農地	3,105	279,047	11,031	1,249	7,810	2,322	8,142	223
造成地	4,443	4,246	83,202	3,189	19,171	5,087	13,229	564
工業用地	310	33	1,003	105,684	1,038	292	605	4
住宅地	37	123	940	35	308,993	118	841	2
商業業務用地	1	15	246	34	308	73,536	104	1
公共公益施設用地	27	123	405	22	237	37	304,230	2,655
河川・湖沼等	74	212	740	37	140	92	1,893	76,498

表 4.4 土地利用遷移行列 (1979-85 年)

	山林・荒地等	農地	造成地	工業用地	住宅地	商業・業務用地	公共公益施設用地	河川・湖沼等
山林・荒地等	408,515	1,345	12,674	414	4,056	575	7,628	415
農地	2,774	253,394	9,235	1,594	6,761	3,292	8,077	93
造成地	670	965	76,256	1,143	9,998	2,732	12,450	476
工業用地	94	41	1,093	106,071	1,647	435	1,349	3
住宅地	129	167	1,587	105	337,436	841	1,295	16
商業業務用地	34	58	575	169	496	80,398	318	0
公共公益施設用地	161	195	1,211	295	2,084	1,195	329,884	44
河川・湖沼等	552	56	350	36	174	28	1,038	78,118

表 4.5 土地利用遷移行列 (1985-91 年)

	山林・荒地等	農地	造成地	工業用地	住宅地	商業・業務用地	公共公益施設用地	河川・湖沼等
山林・荒地等	375,270	1,455	21,768	391	3,420	784	9,586	255
農地	616	225,790	14,841	1,152	5,541	4,399	3,661	221
造成地	1,094	492	82,131	1,321	6,850	3,984	6,931	178
工業用地	0	18	2,435	103,818	1,227	1,873	456	0
住宅地	17	86	3,949	345	356,388	1,008	856	3
商業業務用地	0	48	1,136	382	796	86,346	788	0
公共公益施設用地	30	64	2,439	329	2,400	1,052	355,653	72
河川・湖沼等	114	51	2,195	23	128	59	971	75,624

表 4.6 土地利用遷移行列 (1974-91 年)

	山林・荒地等	農地	造成地	工業用地	住宅地	商業・業務用地	公共公益施設用地	河川・湖沼等
山林・荒地等	369,865	3,346	30,779	1,642	14,215	2,192	24,831	655
農地	3,432	220,319	26,976	4,085	22,178	10,441	24,555	943
造成地	2,822	3,481	58,296	4,805	29,074	10,384	23,678	591
工業用地	322	55	3,127	95,778	4,752	2,746	2,183	6
住宅地	156	228	4,754	415	300,767	1,782	2,939	48
商業業務用地	4	47	1,369	398	1,463	69,949	1,015	0
公共公益施設用地	174	263	2,955	524	3,843	1,778	295,518	2,681
河川・湖沼等	366	265	2,638	114	458	233	4,183	71,429

注) 表中の数値は、10m メッシュの数を示す (表 4.3-4.6)。

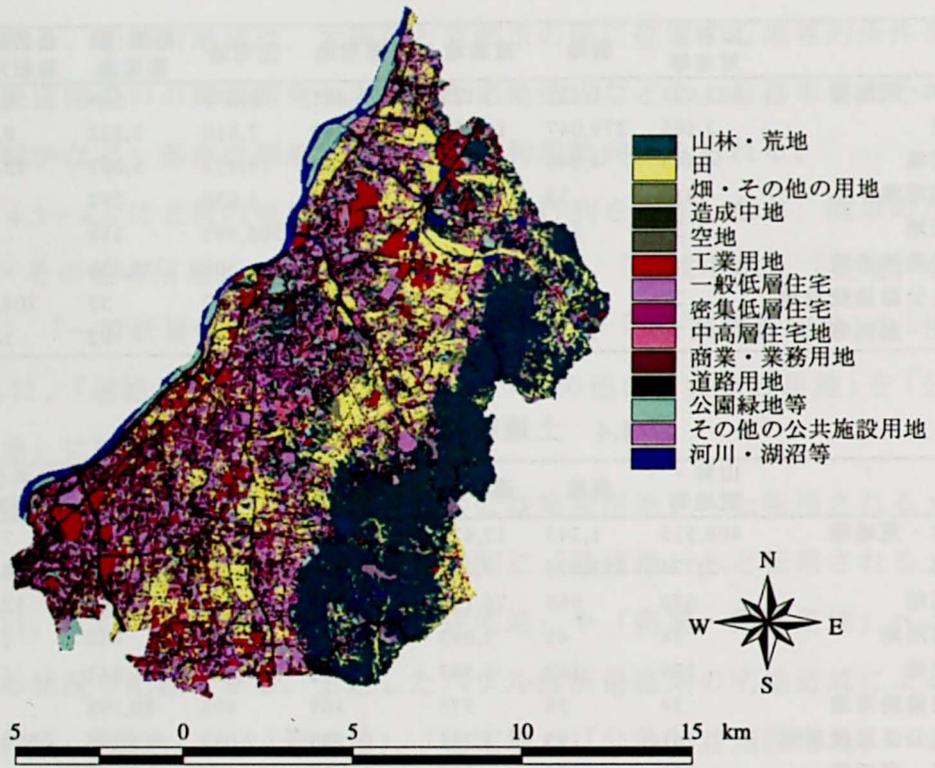


図 4.4 北河内地域の土地利用図 (1974 年)

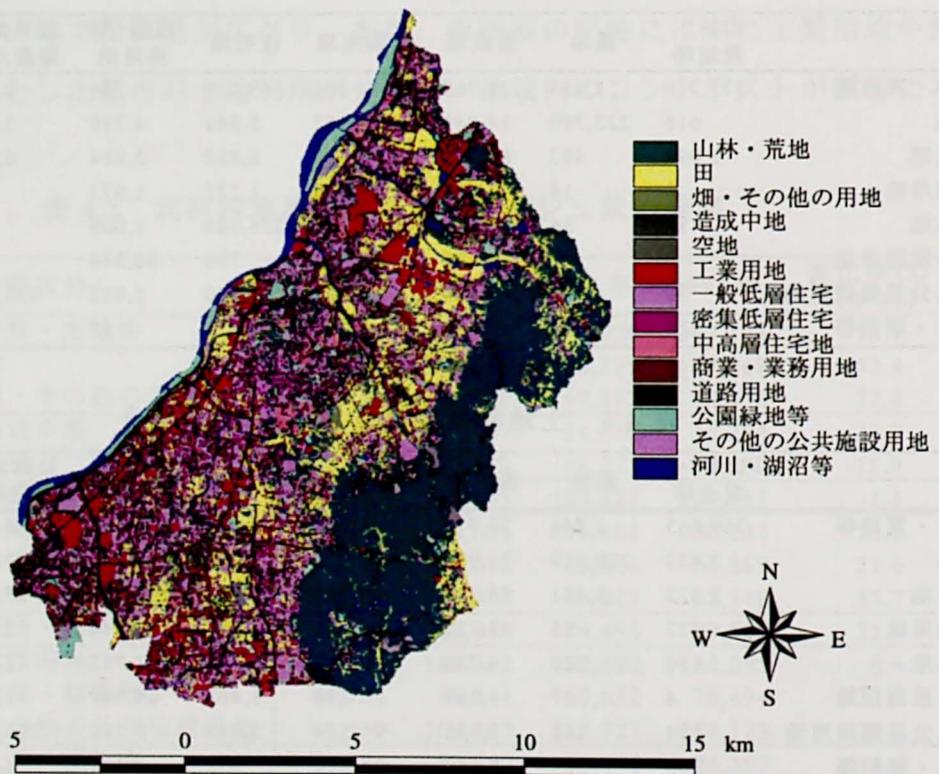


図 4.5 北河内地域の土地利用図 (1979 年)

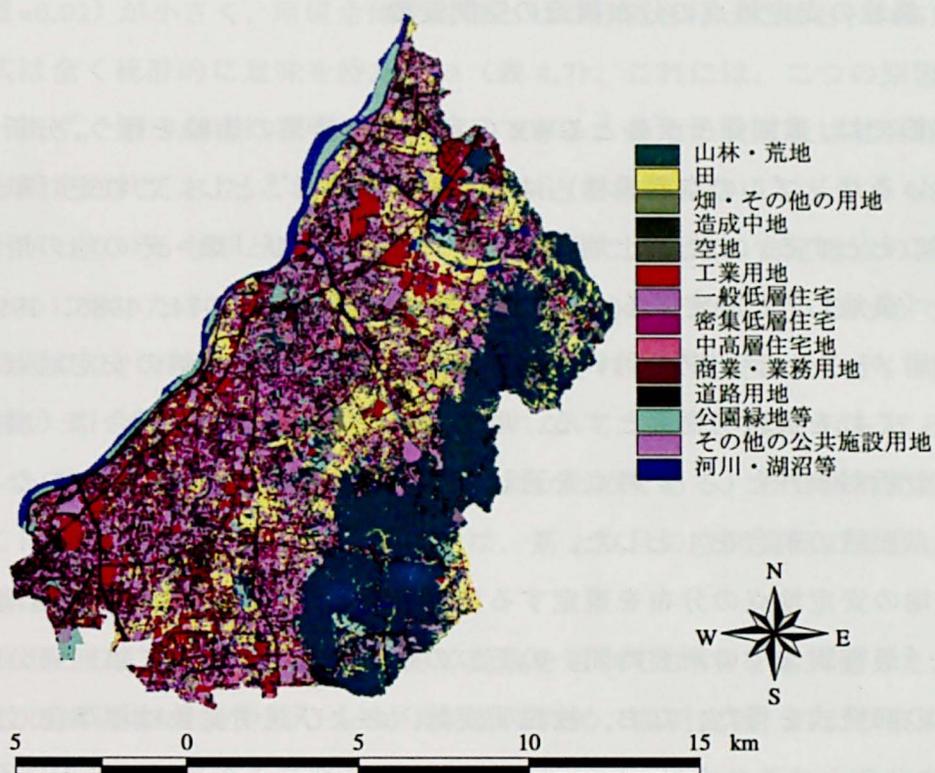


図 4.6 北河内地域の土地利用図 (1985 年)

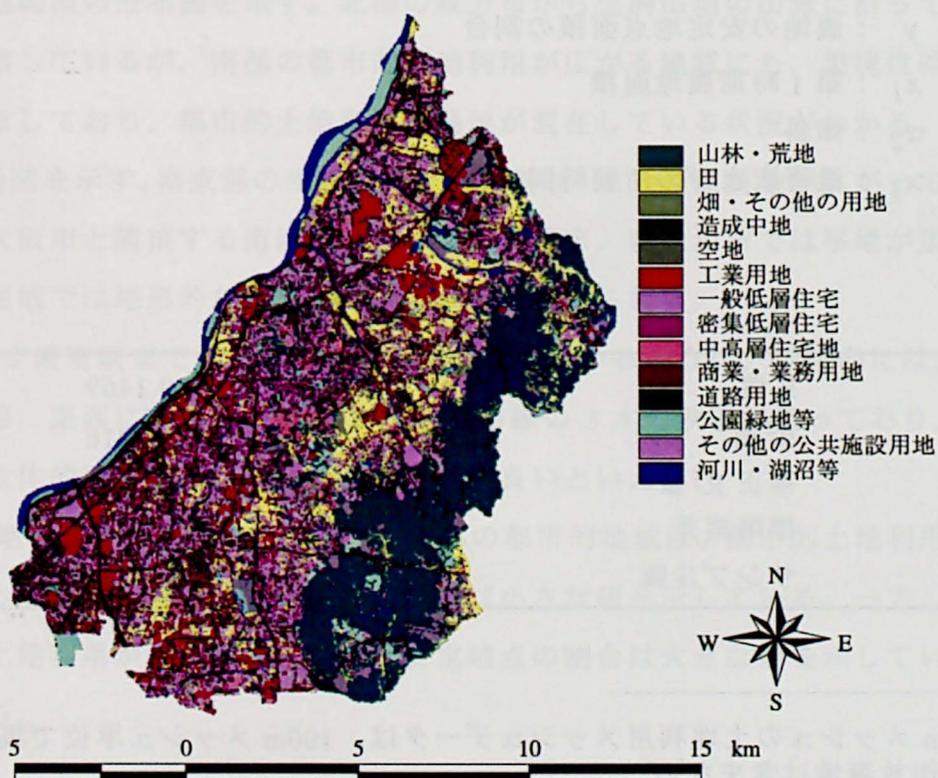


図 4.7 北河内地域の土地利用図 (1991 年)

4.3 農地の安定地点の分布構造の空間変動

本節では、重回帰モデルと GWR の定式化と結果の比較を行う。分析単位（GWR に用いるサンプルの空間規模）は 100m メッシュ^{*1}とし、これを「単位区画」と呼ぶこととする。また、土地利用区分「田」および「畑・その他の用地」をあわせて「農地」^{*2}と設定する。細密数値情報の 3 時点（1974, 1985, 1991 年）の土地利用メッシュデータを用いて、単位区画内における農地の安定地点の割合を算出し、これを被説明変数とする。単位区画内に農地がない場合は「農地なし」として分析対象外とし、3 時点を通して農地の分布状況が変化していない場合は安定地点面積の割合を 1 とした。

農地の安定地点の分布を規定する要因を探るために、「第 1 時期農地面積」、「傾斜」、「最寄駅までの所要時間」の三つの説明変数^{*3}を用いて重回帰分析を行い、以下の回帰式を得た。なお、被説明変数、および説明変数は標準化した。

$$y = -0.048x_1 + 0.136x_2 - 0.023x_3 \quad (4.8)$$

y : 農地の安定地点面積の割合

x_1 : 第 1 時期農地面積

x_2 : 傾斜

x_3 : 最寄駅までの所要時間

表 4.7 回帰分析結果

R 値	0.1469
R ² 値	0.0216
補正 R ² 値	0.0213
標準誤差	0.4396
サンプル数	10356

^{*1}10m メッシュの土地利用メッシュデータは、100m メッシュ単位で集計した。

^{*2}耕作放棄地は含まない。

^{*3}いくつかの地理的変数の中から重回帰分析および GWR で最も寄与率が高くなる結果が得られるように選択した。

寄与率 (R^2 値=0.02) が小さく、地域全体を対象として分析を行った場合、(4.8)式に示す回帰式は全く統計的に意味を持たない(表 4.7)。これには、二つの原因が考えられる。まず、第一点目に説明変数の不足である。農地の安定性は社会経済的な変数にも規定されており、これらの変数が組み込まれていないことから 4.8 式の適合度が下がっているものと考えられる。第 2 点目に、農地の安定地点の割合を説明するために用いた 3 変数の影響が地域内で空間的に変動しているためである。前者の問題点は、不足する変数のデータが整備されれば解決されるが、将来的に 10m 規模のデータ整備が進むことは考えられない。なぜならば、10m ほどの微細なメッシュ単位では個人情報を持ってしまうためである。社会経済変数の導入については今後の課題としたい。ここでは、第 2 点目の空間変動に着目して分析を進めることにする。

この空間変動をとらえるために、4.8 式と同じ変数を用いて GWR を定式化した。GWR は、各単位区画においてパラメータが得られるため、説明変数、および被説明変数の空間分布状況を把握する必要がある、図 4.8~4.11 によりこれらの分布状況を示すことにする。

図 4.8 に農地面積の分布図を示す。北部の枚方市から生駒山地の山麓に沿って農地が多く分布しているが、南部の都市的土地利用が広がる地域にも、集塊性は低いが多く分布しており、都市的土地利用と農地が混在している状況がわかる。

図 4.9 に傾斜図を示す。南東部の生駒山地では傾斜 8° 以上の傾斜地が広がっている。また、大阪市と隣接する南西部の守口市、門真市、寝屋川市では平地が広がり、北河内地域では地形的なコントラストが顕著にみられる。

図 4.10 に示す最寄駅までの所要時間の分布図からわかるように、地域内には、南北に京阪本線、東西に京阪交野線、JR 学研都市線の 3 本の鉄道が通っており、北河内地域は全体的に大阪都心部への交通の便が良いといえる。

図 4.11 に農地の安定地点の分布を示す。南部の都市的地域は、都市的土地利用と農地が混在しており全体的に安定地点の割合は小さな値を示している。一方、北部の農業的土地利用が広がる地域では、安定地点の割合は大きな値を示していることがわかる。

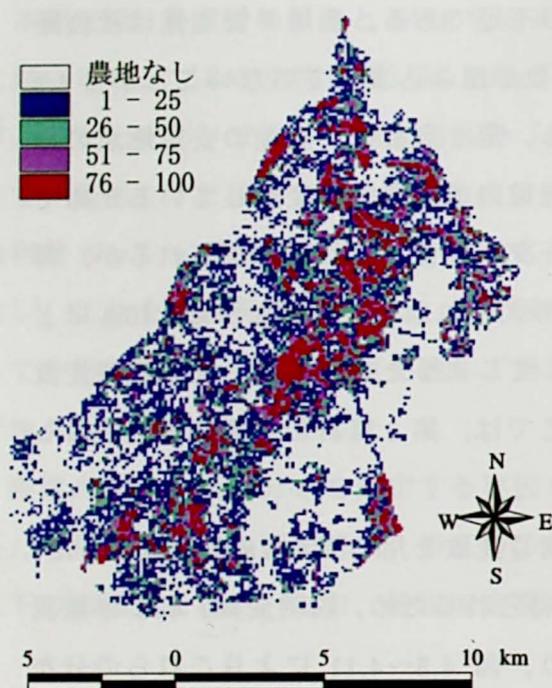


図 4.8 農地面積の分布図

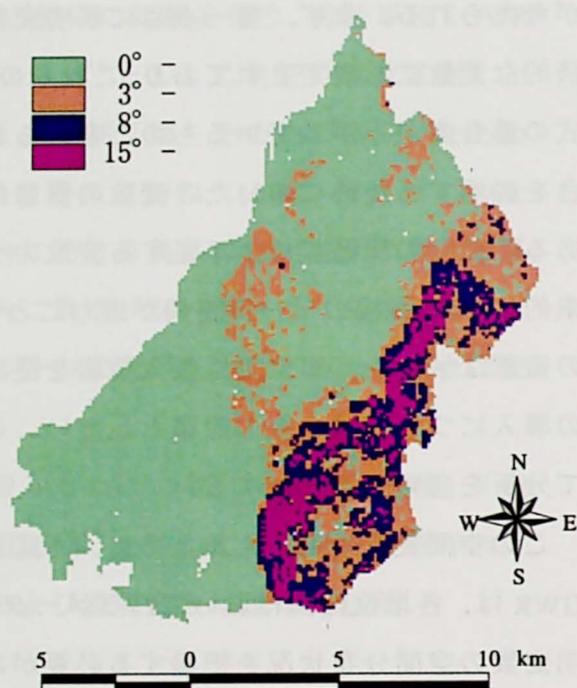


図 4.9 傾斜図

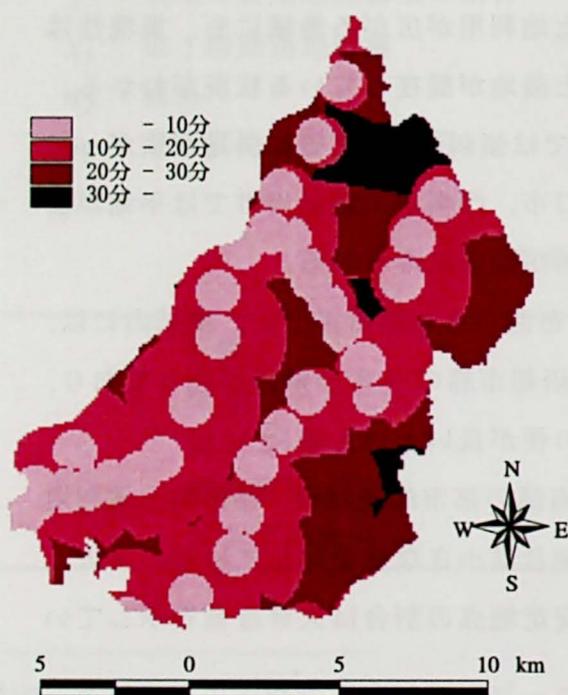


図 4.10 最寄駅までの所要時間の分布図

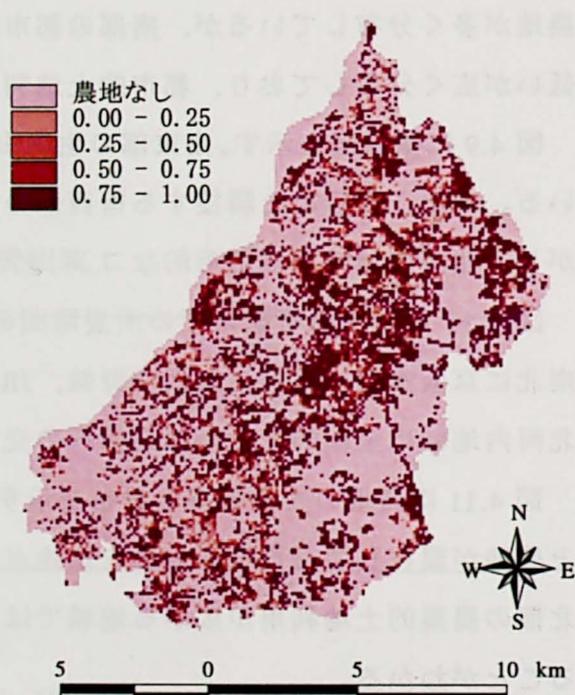


図 4.11 農地の安定地点の分布図
(単位区画内の安定地点面積率)

なお、CV法による β の推定値は11.2（図4.12）になった。

図4.13はGWRにより得られた R^2 値の分布である。空間的な変動がみられ、約72%のメッシュで R^2 値が0.6以上の高い値を示している。重回帰分析の結果に比べ、極めて良好な結果が得られており、 R^2 値が高い地点では、説明変数として用いた3変数により、意味のある回帰式が得られたことを示している。 R^2 値が低かった残り約28%の地点で3時点間の土地利用変化をみると、農地から工業用地へ変化する割合が高い地域及びその周辺で、特に精度が低いことがわかった。これらの地域では、農地は工業用地の拡大に伴って転用されており、農地の安定性は地理的条件のみによっては規定されにくく、周辺の工業用地の分布形態や社会経済的変数による影響が強く、その結果として寄与率が低くなったものと考えられる。

図4.14は、「農地面積」のパラメータの分布図である。パラメータが正の地点は100mメッシュ内の農地面積比率が大きいほど安定地点の割合が高いことを示す。一般的に、農地面積比率が高いほど地域の農業的性格が強く、農地の安定性が高い、すなわちこのパラメータは正の値をとるものと考えられる。対象地域の中では主に北部、とくに生駒山地西側の都市近郊農業地帯でこの傾向が強くみられる。一方、南部のより都市的性格の強い地域ではこの値が負になっており、上

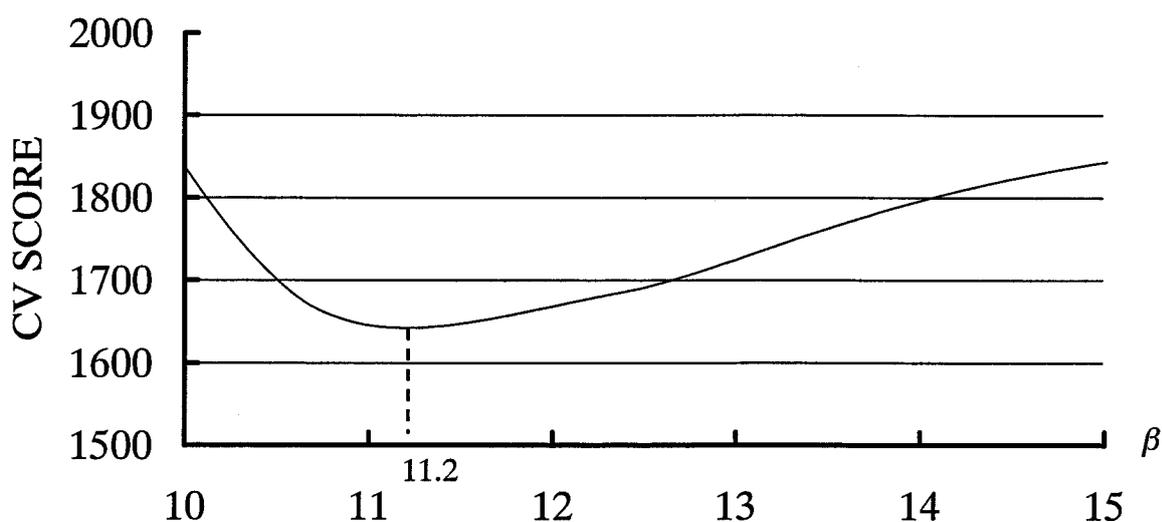


図4.12 CV値と β

述の関係が逆転していることがわかる。これは、都市化の過程においてメッシュ内に離散的に分布する（集塊性が低い）農地が他の土地利用に転用されやすいことを示している。この都市的地域では、都市化が収束状態にあり、こうした離散的に分布する農地は既に農地転用が終わり、都市化の対象から外れており、逆にまとまって分布する農地は都市化の対象となっているものと考えられる。

図 4.15 は、「傾斜」のパラメータの分布図である。負の値から正の値まで幅広い値をとっているが、平野部では正の値を示す地点が多い。つまり、都市化傾向が強い平野部では、開発適性の高い緩傾斜地では農地が転用されやすく、ある程度の傾斜をもつ地点では農地が残る傾向を表している。逆に山地近くの農業地帯ではパラメータが負となっており、傾斜が小さいほど農地の安定性が高いことを示している。これは、農業適地としての緩傾斜地で農地が安定的に残る一方、急傾斜地では耕作放棄が進行している現状が反映されたものと考えられる。ここでも、地域内でパラメータの値の空間的変動がみられる。

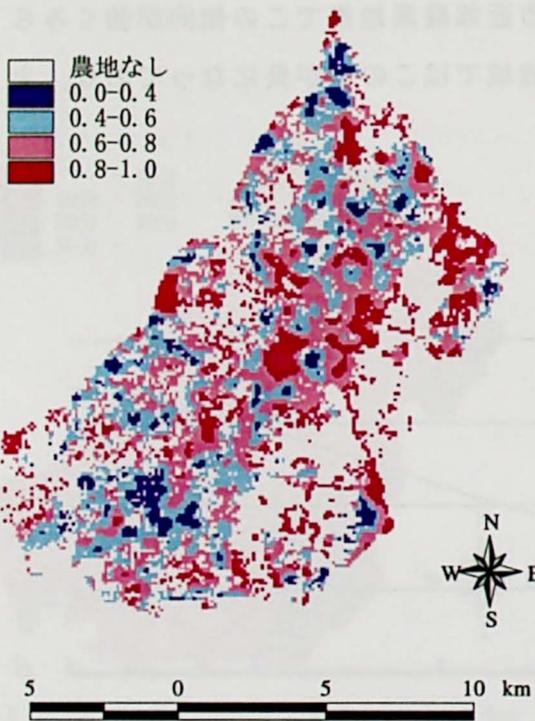


図 4.13 R^2 値の分布図

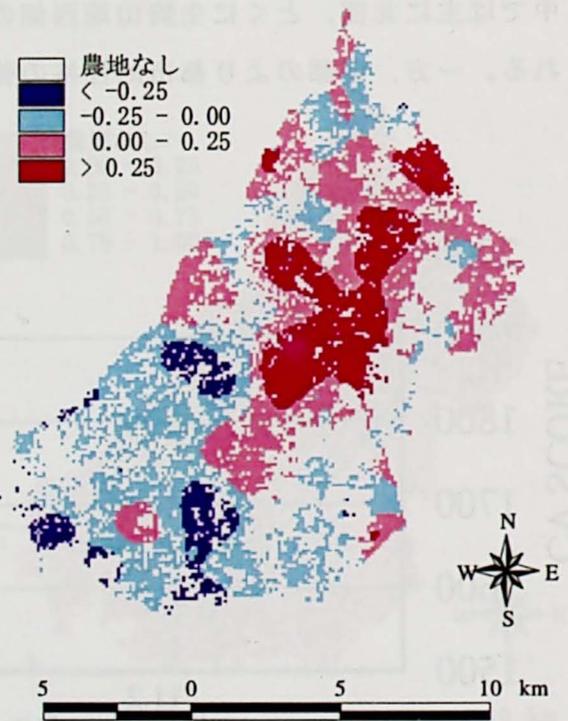


図 4.14 農地面積のパラメータの分布図

図 4.16 は、「最寄り駅までの所要時間」のパラメータの分布図である。パラメータは地域全体で正の値を示している。南部の都市的土地利用が広がる地域では、パラメータの値が特に高く、最寄りの駅までの所要時間が長くなるほど農地の安定地点の割合が増えることを表しており、駅の周辺から都市化や宅地化が進んできたという経験的な知見とも合致する。

以上からわかるように、3 変数のパラメータは地域内で地点の特性に応じて空間的に変動しており、この空間的差異を考慮せずに地域で一律のパラメータを定めた (4.8) 式での R^2 値が低くなることの根拠が得られた。

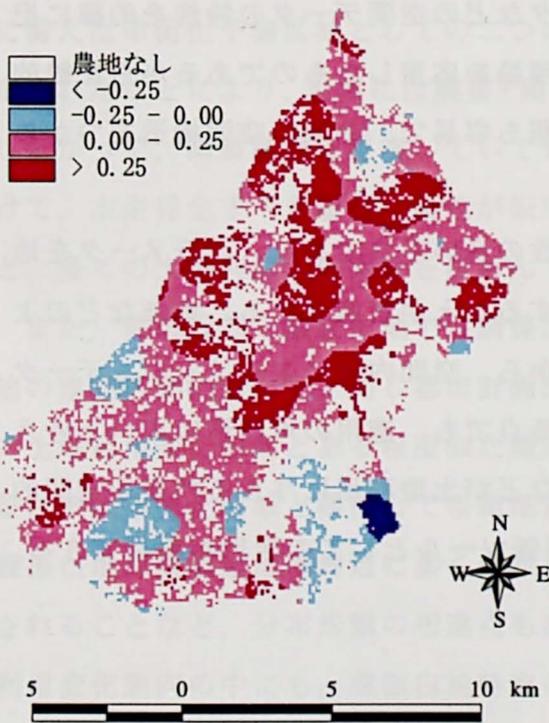


図 4.15 傾斜のパラメータの分布図

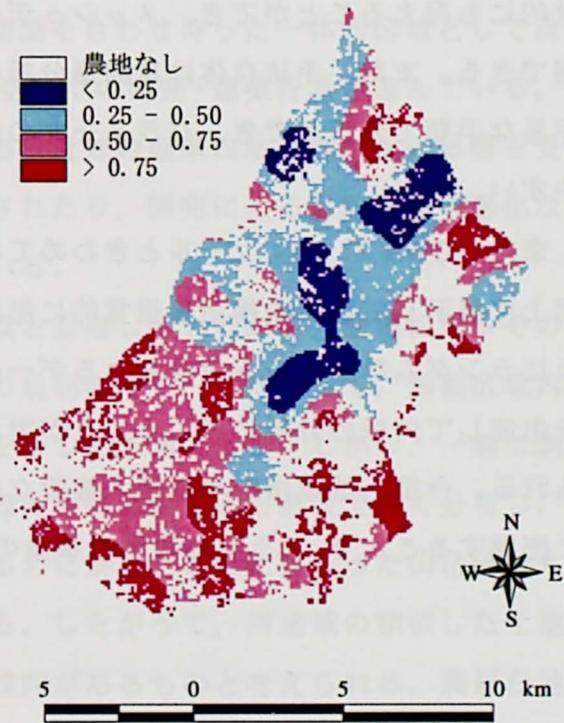


図 4.16 最寄駅までの所要時間のパラメータの分布図

4.4 まとめ

本章では、GWR を用いて農地の安定地点の空間分布特性を定量的に明らかにした。空間上に分布する土地利用が様々な変数から受ける影響の度合いは、空間的に変動する。したがって、地域分析の際に重回帰分析のように地域内での変数間の影響が一様であると仮定した手法をそのまま適用しても良い結果を得ることはできない。

一方、GWR を適用した場合、変数間の影響の空間変動を捉えることができるので、重回帰分析に比べて R^2 値の高い地点が多く存在することが明らかになった。北河内地域は、都市的土地利用が分布する地域と農郷的土地利用が分布する地域のコントラストが顕著である。そのため地域内には土地利用分布を決定する構造の空間変動が存在しており、土地利用決定構造の一様性を仮定したモデルは適していない。この結果は北河内地域に限定されるものではなく、広域な地域を対象とする場合には、土地利用決定構造の空間変動があると考えるのが常識的であり、GWR は北河内地域以外の様々な地域の分析に適用することができる。

GWR は、パラメータを地図上に表示することで、変数間の影響の空間変動を視覚的にも捉えることができ、メッシュデータなどの空間データの特性を的確に把握できる。また、手法自体は重回帰分析の理論を応用したものであるから比較的平易な手順で分析ができ、パラメータの解釈も容易で、地域の空間構造をつかみやすい。

また、GWR は GIS ツールときわめて相性の良い手法であり、パラメータを地図上に表示して地域の構造を視覚的に把握することが可能となる。地価などのようにランダムなポイントで得られるデータから、空間内挿によりメッシュデータを生成して同様の分析に用いることができる点でも、適用の可能性は広いと考えられる。今後、地域指定や道路・施設立地などが土地利用に与える効果を空間的に把握することで、こうした政策や事業の評価ツールとしての活用が期待できる。

第5章 農振白地の広域土地利用変化動向

農業振興地域を対象に「その整備に関し必要な施策を計画的に推進するための措置を講じること」を目的とし、農業振興地域（以下、農振地域）の整備に関する法律（以下、農振法）が1969年に制定された。農振農用地区域では農地転用や開発は原則として禁止されているが、農振法では農用地区域以外には土地利用計画を定めていない。したがって、農用地区域に指定されていない農振地域、いわゆる農振白地では、集团的農地や基盤整備の終わった優良農地が含まれている一方で、農地以外の工業用地や商業用地などが混在するため、都市的土地利用が侵入し、虫食いの農地転用が行われてきた。

このうち都市化の影響が大きい都市近郊の農振白地の多くは、線引きのある都市計画区域として市街化調整区域（以下、調整区域）と積極的に重複させるよう決められており、農林地の都市的開発は都市計画法の立場から大幅に制限されている。しかし、調整区域は農地や森林など保全すべき区域と将来の市街化の拡大に備えた市街化予備区域としての二つの側面を合わせ持った一体的区域として決定されたことにより、現実には農業・農村空間での開発・建築行為が進んでいる。したがって、調整区域と重複していても都市近郊の農振白地は都市化の影響を受けて、本来保全すべき優良な農地が転用されたり、開発による営農環境の悪化など、多くの土地利用上の問題をはらんでいる。

また、都市近郊の農振白地では調整区域と重複しているため、農地転用やその他の建築活動に対して、同じ都市計画法の規制を持つ。したがって、調整区域内の土地利用変化動向とある程度似た傾向を持つと予測できる。しかし、一般に調整区域は市街化区域と隣接して市街地近郊の平野部から山岳部まで広く分布し、農振白地は農業集落の周辺に多く分布するのに対し、さらに奥まった山岳部は外されることなど、分布形態の相違点もある。したがって、両地域の類似した土地利用変化動向の中にも、農振白地特有の傾向があるものと考えられる。農振白地の土地利用上の問題に対して有効な施策を導くためには、農振白地特有の土地利用変化動向、特に農地転用の特性を定量的に把握する必要がある。

本章では表 5.1 に示すように、細密数値情報の 10m 土地利用メッシュデータと大阪府全域の土地利用基本計画図（5 万分の 1）のオーバーレイ解析により 3 時点の空間データを作成し、農振白地と調整区域の土地利用変化動向を比較して広域的・年次的な農振白地特有の傾向を定量的に示すことを目的とする。

なお、本章の内容は西前ら（2000）において公表した論文を加筆修正したものである。

表 5.1 使用した 3 時点の空間データ

細密数値情報 10m メッシュ (土地利用現況調査時期)	土地利用基本計画図
1979 年（昭和 54 年）	1978 年（昭和 53 年）
1985 年（昭和 60 年）	1984 年（昭和 59 年）
1991 年（平成 3 年）	1992 年（平成 4 年）

5.1 オーバーレイ解析による空間データの構築

5.1.1 研究対象地域の概要

研究対象地域は、大阪府内で細密数値情報の土地利用メッシュデータが整備されている地域（河内長野市・豊能町・能勢町・河南町・千早赤坂村を除く 32 市 7 町）とした（図 5.1）。対象地域は全域が都市計画区域の指定を受けており、3 時点間を通じて農振地域全域が調整区域に含まれている。

総面積 $158,773\text{km}^2$ のうち市街化区域は $90,986\text{km}^2$ 、調整区域は $67,787\text{km}^2$ である。また、農振地域は $22,927\text{km}^2$ で（うち農用地区域 $5,194\text{km}^2$ ）、農振白地は $17,733\text{km}^2$ を占める（いずれも 1992 年）。

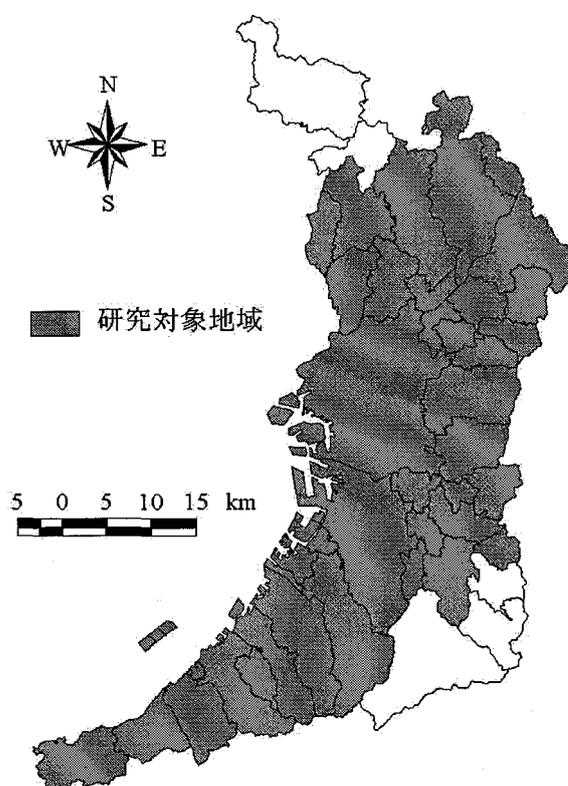


図 5.1 研究対象地域（大阪府）

5.1.2 農用地区域変更の把握の必要性

農振白地の土地利用変化動向を正確に把握するためには、農用地区域指定の変遷を年次的に追跡する必要がある。これは、時点間で農用地区域の指定が外れた地域や、途中で新規に指定された地域を含むと、明らかに計画的に土地利用変化が行われた地域を含むことになるためである。つまり、一貫して農振白地の土地利用変化動向を検討するためには、計画的に土地利用が誘導されていない地域を抽出しなければならない。なお、対象地域では農用地区域の指定から外された地域の面積が小さく、かつ特定の場所に集中しているため、分析対象外とした。

農用地区域が都市計画の線引きに比べると比較的頻繁に変更されていることを考慮すると、年次的な土地利用基本計画図のデータが必要となる。しかし、細密数値情報や国土数値情報といった広域的な土地利用データの整備が進む一方で、土地利用基本計画図のデータ整備は遅れている。現在、細密数値情報では 100m メッシュ単位のデータが整備されているが、単年度に限られており、農用地区域指定の変遷を追跡することができない。また、実用的な面で見ても、農振地域、農用地区域の形状に比して土地利用規制に関する 100m のメッシュデータは粗く、都市周辺の複雑な土地利用構造の分析には適さない。

以上のようなデータ上の問題点から、過去の農振白地の土地利用研究は、短期的かつ集計されたデータによる分析にとどまっており、広域的・年次的な農振白地の土地利用変化動向を把握できていない。本章では、農振白地の広域土地利用変化分析における問題点を解決するため、以下の手順によってデータベースを作成した。

5.1.3 空間データの構築

3 時点の大阪府土地利用基本計画図から農振地域、および農用地区域を、GIS ソフトを用いてデジタル化してポリゴンデータを作成した。さらにこれを細密数値情報の土地利用 10m メッシュデータの位置と一致するように、ラスターデータ（10m メッシュデータ）に変換した。これを投影法変換^{*1}した後、農用地区域を切り取り農振白地の 10m メッシュデータを作成した（図 5.2）。この手順を 3 時点

^{*1}緯度経度から直角平面座標第VI系（細密数値情報の投影法）への変換

それぞれについて繰り返し、各時点における農振白地の10mメッシュデータを作成した。この手順で得られた3時点の農振地域、農用地区域の分布を図5.3、図5.4、図5.5に示す。

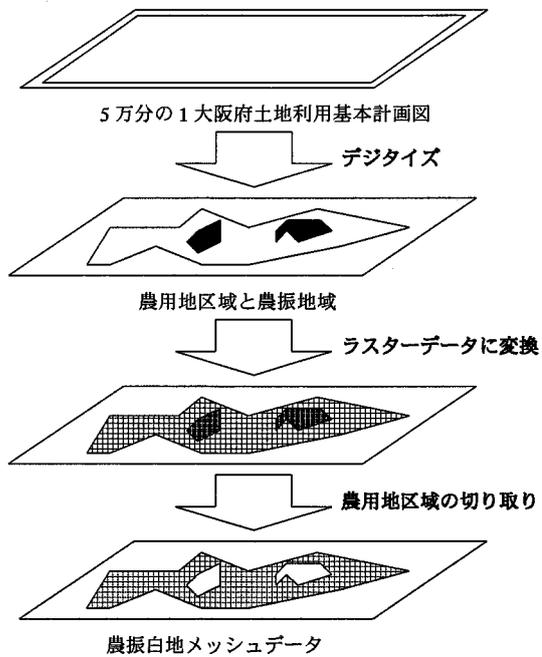


図 5.2 農振白地メッシュデータの作成方法

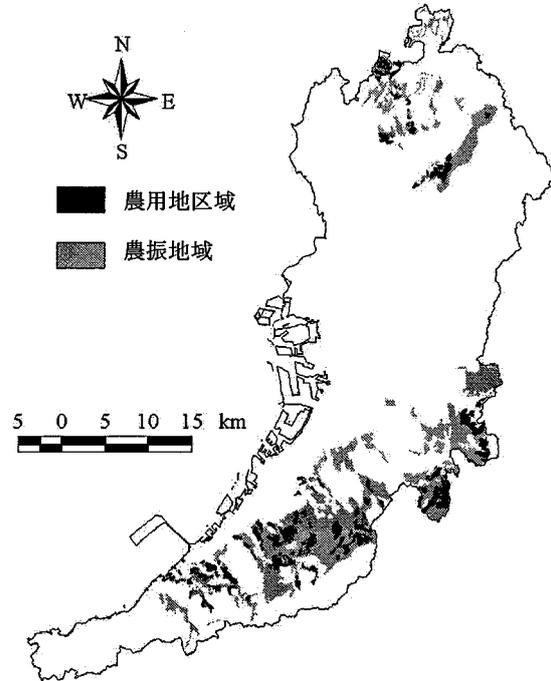


図 5.3 農振地域と農用地区域 (1978年)

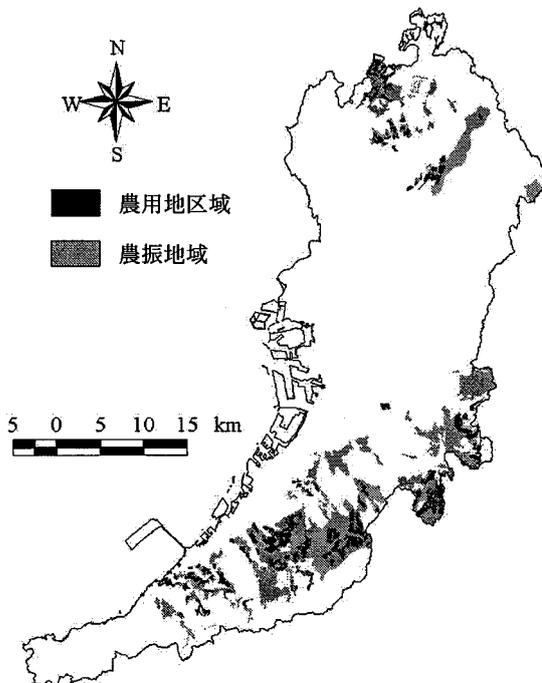


図 5.4 農振地域と農用地区域 (1984年)

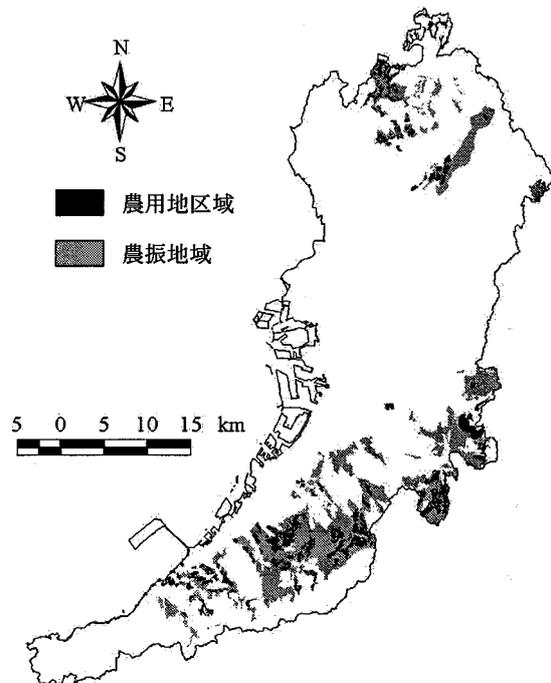


図 5.5 農振地域と農用地区域 (1992年)

次に、農振白地の土地利用変化動向を探るため、3時点を通じての農振白地（農振地域内で3時点を通じて一度も農用区域の指定を受けていない地域、以下、3時点間農振白地）を、3時点の農振白地メッシュデータのオーバーレイにより抽出した。これをマスクレイヤーとして各時点の土地利用メッシュデータにオーバーレイし、分析対象となる3時点間農振白地の土地利用メッシュデータを作成した（図5.6）。これらの手順で得られた3時点間農振白地内の3時点の土地利用図を図5.7、図5.8、図5.9に示す。

3時点間農振白地は、北部では茨木市、高槻市の丘陵部と淀川沿いに分布している。南部では泉南の丘陵地帯にまとまった面積で広がりを見せているほか、泉佐野市、泉南市では市街化区域が複雑に入り組んだ形状をしており、微細なパッチとして点在している。

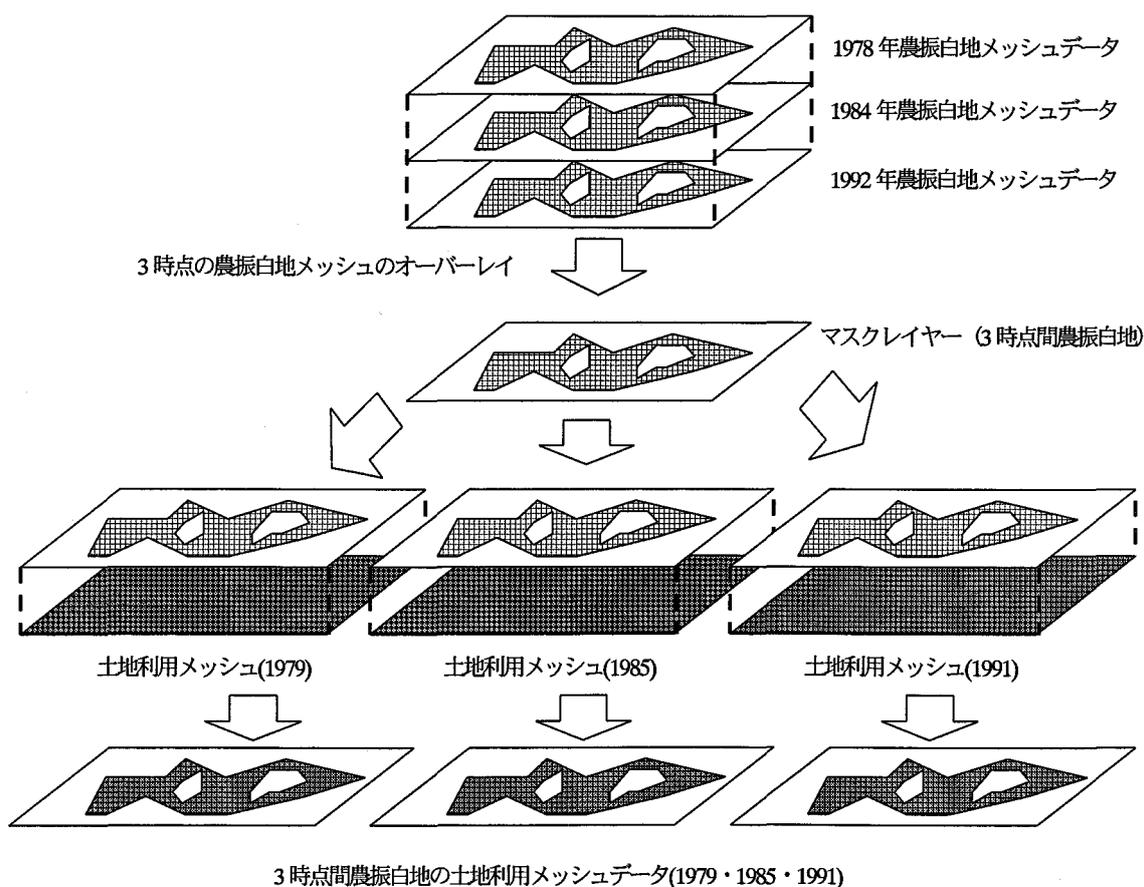


図 5.6 3 時点間農振白地内土地利用メッシュデータの作成方法

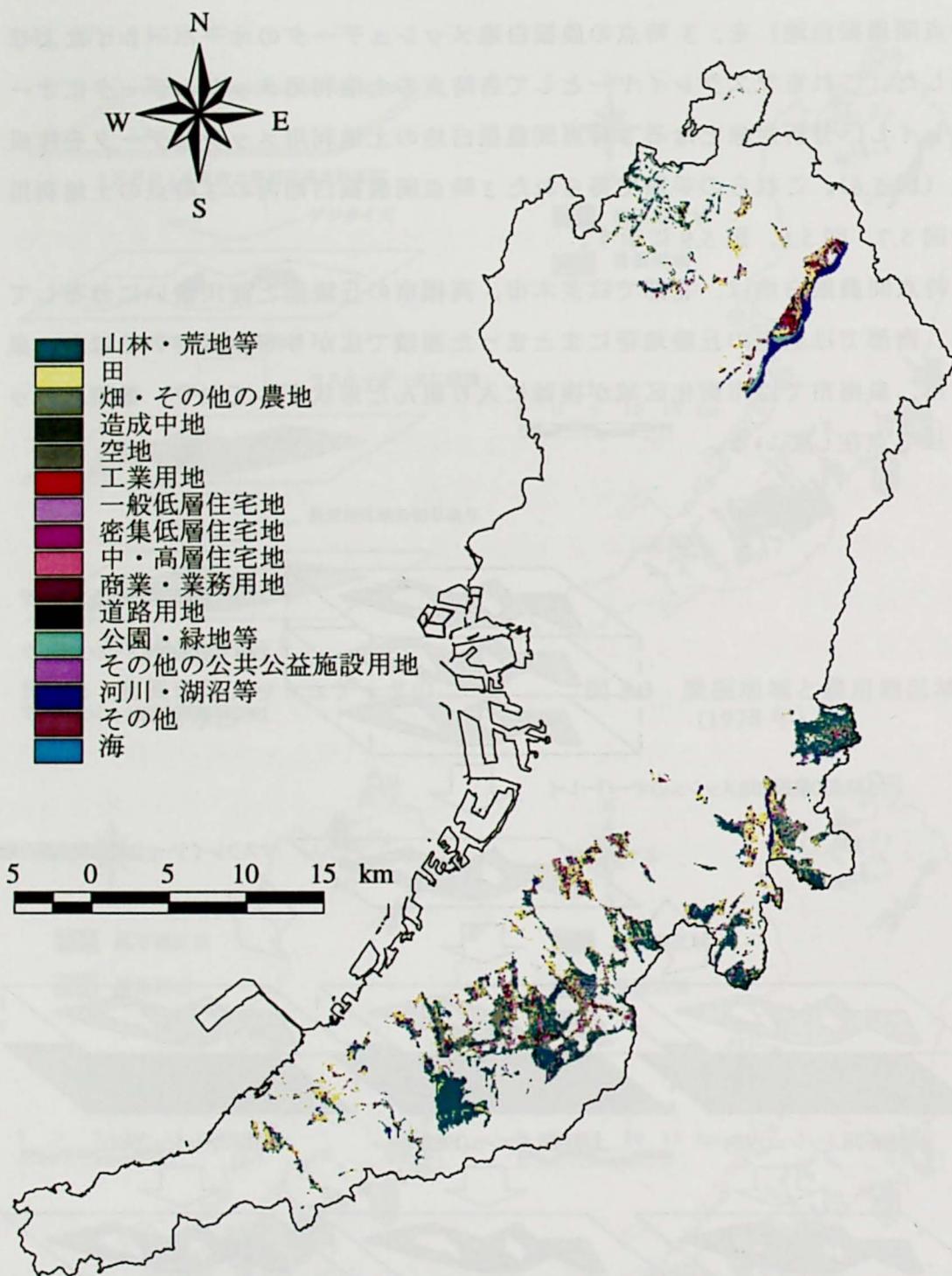


図 5.7 3 時点間農振白地の土地利用図 (1974 年)

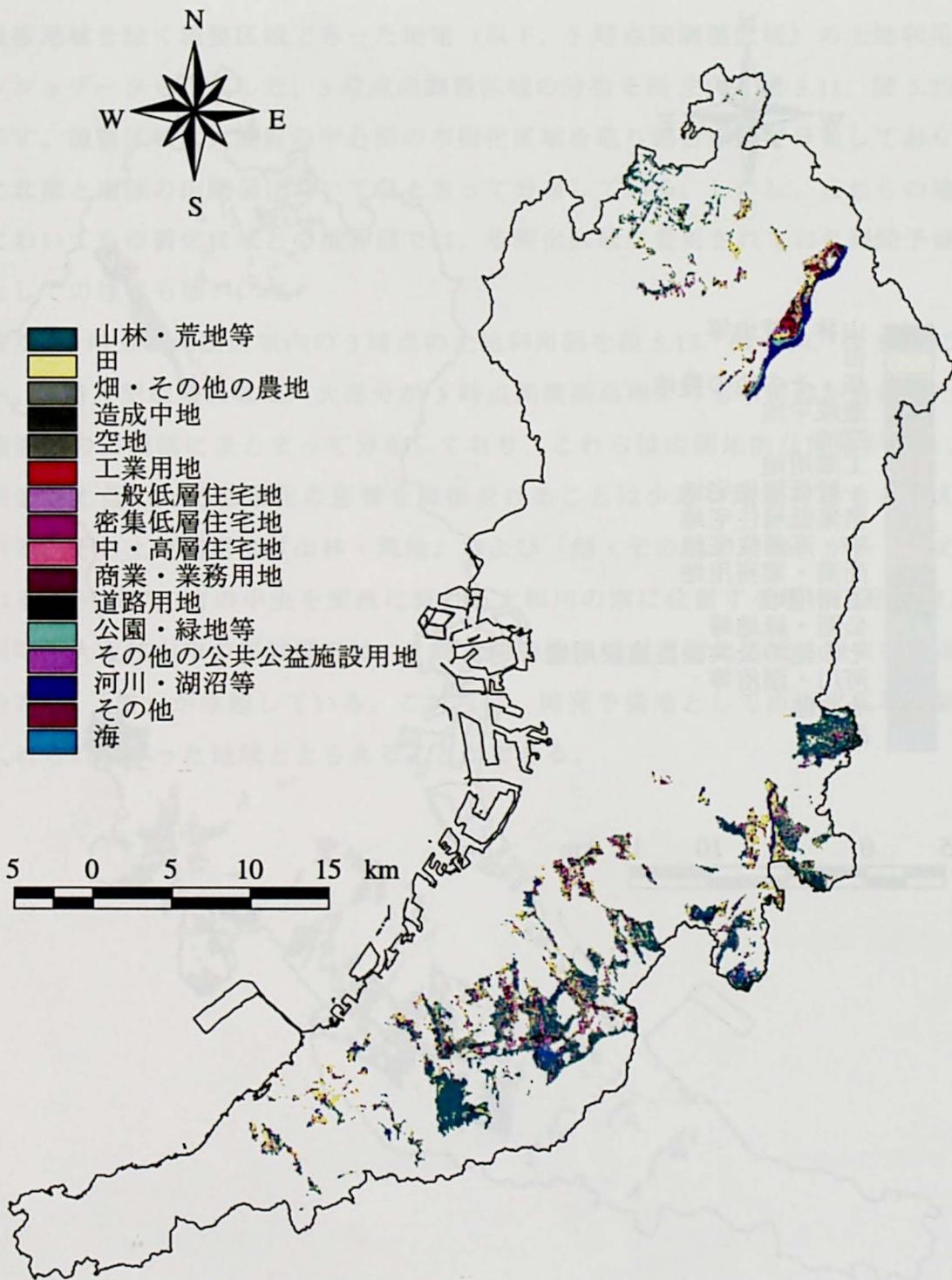


図 5.8 3 時点間農振白地の土地利用図 (1985 年)

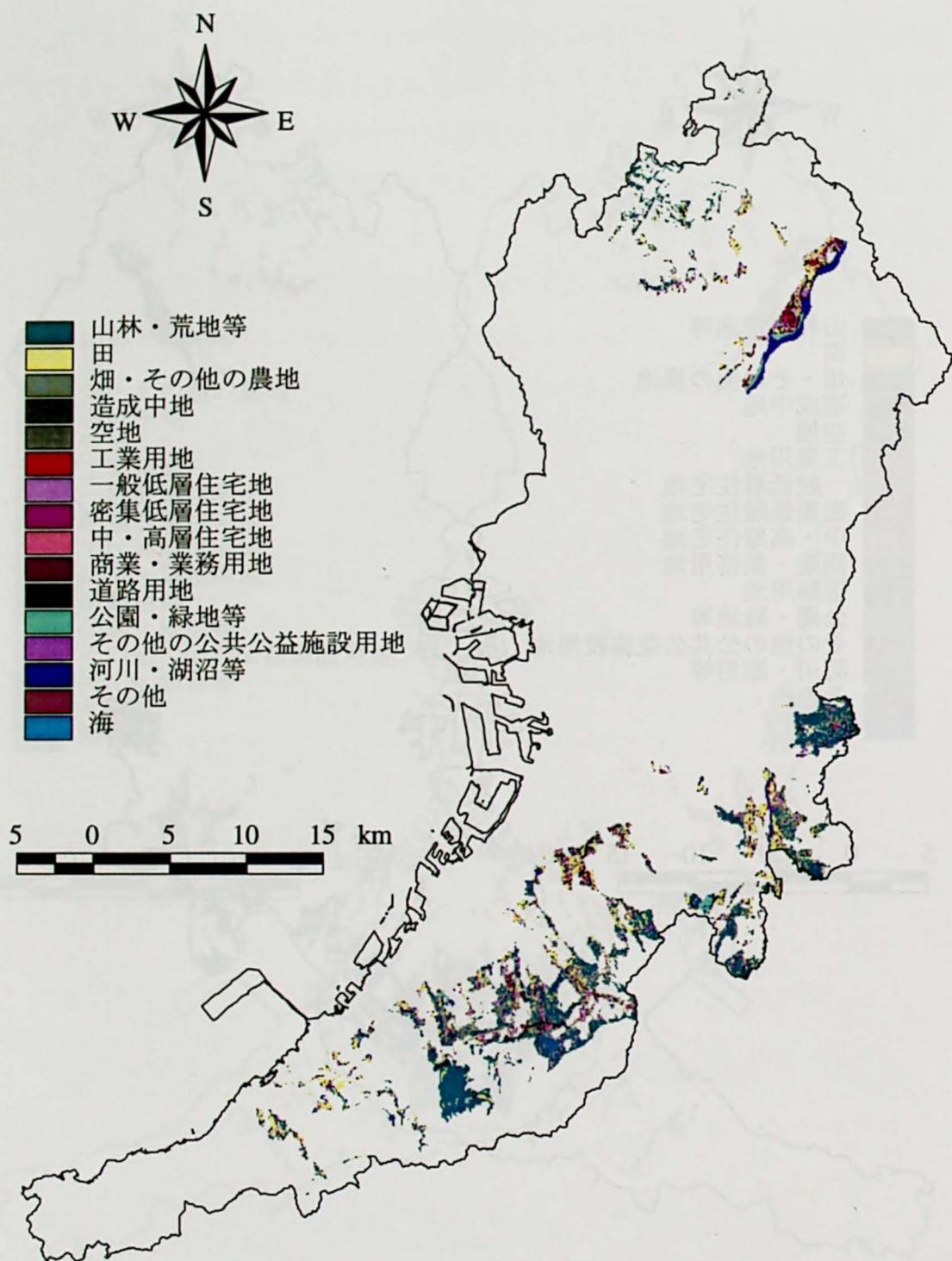


図 5.9 3 時点間農振白地の土地利用図 (1991 年)

なお、農振白地と、農振地域外の調整区域の土地利用変化動向を比較するため、3 時点間農振白地の土地利用メッシュデータ作成と同様の手順で、3 時点を通じて農振地域を除く調整区域であった地域（以下、3 時点間調整区域）の土地利用メッシュデータも作成した。3 時点の調整区域の分布を図 5.10、図 5.11、図 5.12 に示す。調整区域は大阪府の中心部の市街化区域を取り囲む形態で分布しており、特に北部と南部の山間部においてまとまって分布している。しかし、これらの地域においても市街化区域との境界部では、市街化区域に変更されており開発予備地としての性格も強い。

また、3 時点間調整区域内の 3 時点の土地利用図を図 5.13、図 5.14、図 5.15 に示す。3 時点間調整区域は、大部分が 3 時点間農振白地よりも市街地から離れた府境沿いの山間部にまとまって分布しており、これらは山間地的な性格が強く、開発適性も低いため都市化の影響を直接受けることは少ない地域であると考えられる。その土地利用は「山林・荒地」および「畑・その他の用地」が多く占めている。一方で、府の中央を東西に流れる大和川の南に位置する堺市、松原市、美原町、大阪狭山市の平野部では、3 時点間調整区域が市街化区域に囲まれる形で分布し、「田」が卓越している。これらは、開発予備地として市街化区域に組み入れられなかった地域ととらえることができる。

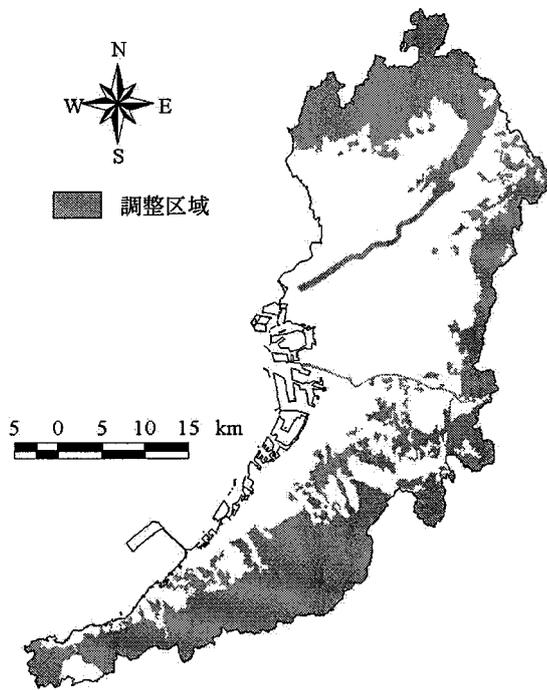


图 5.10 調整区域 (1978 年)

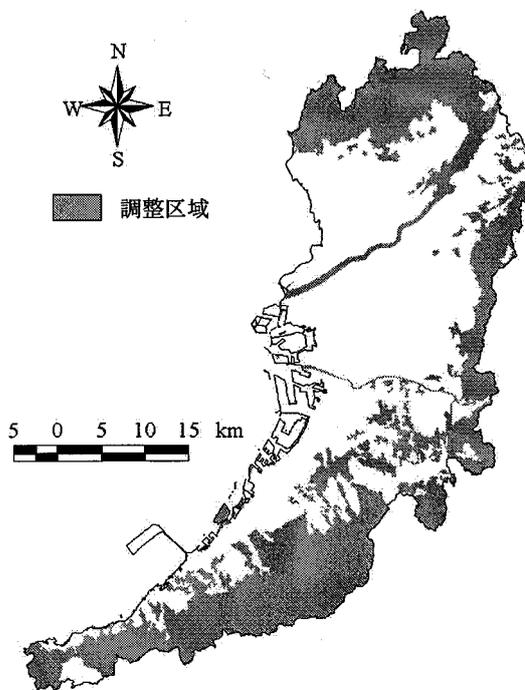


图 5.11 調整区域 (1984 年)

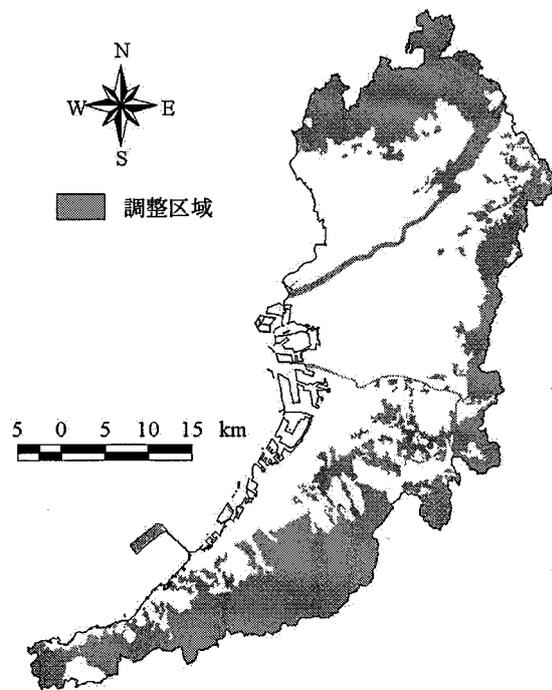


图 5.12 調整区域 (1992 年)

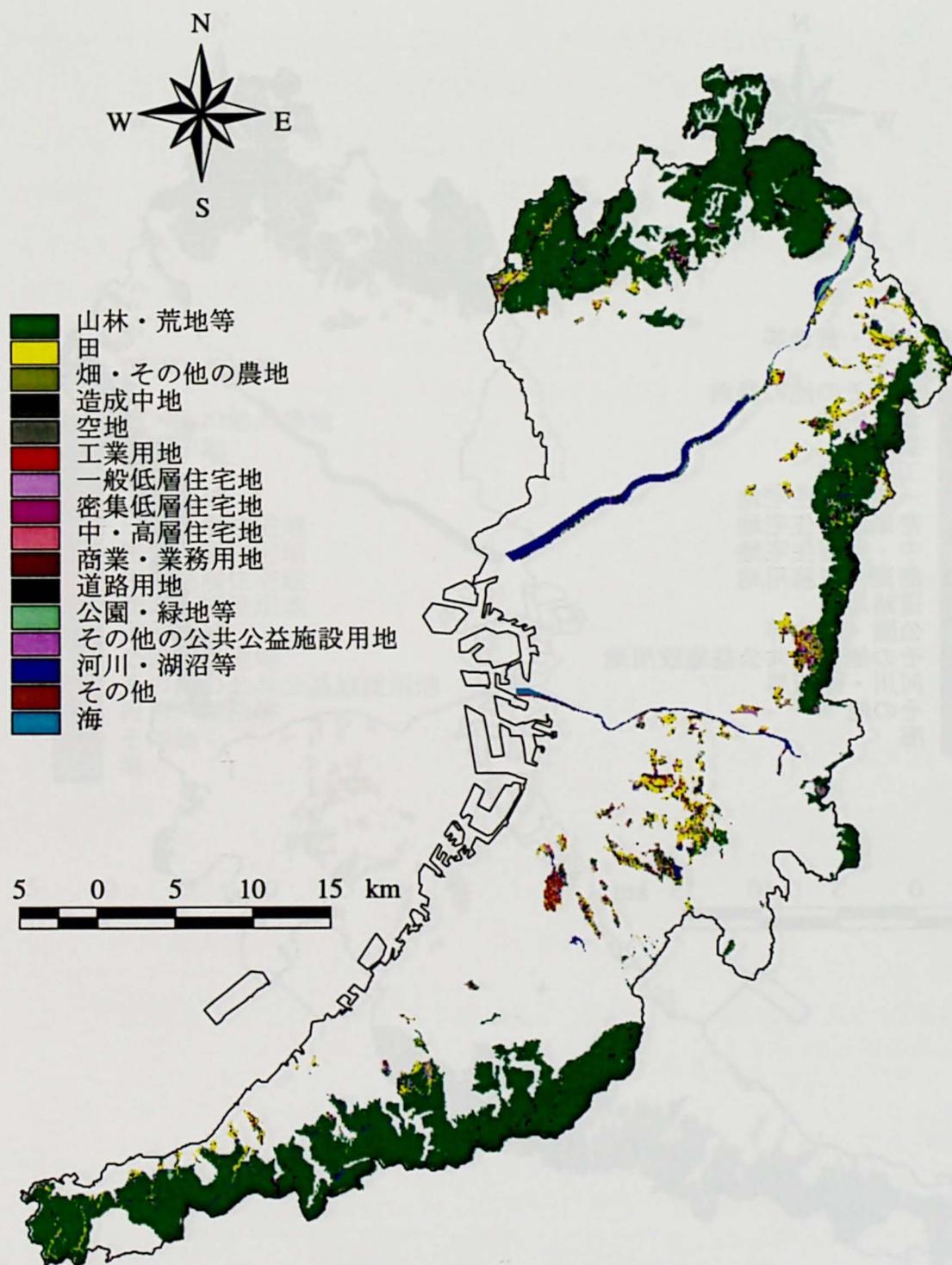


図 5.13 3 時点間調整区域の土地利用図 (1979 年)

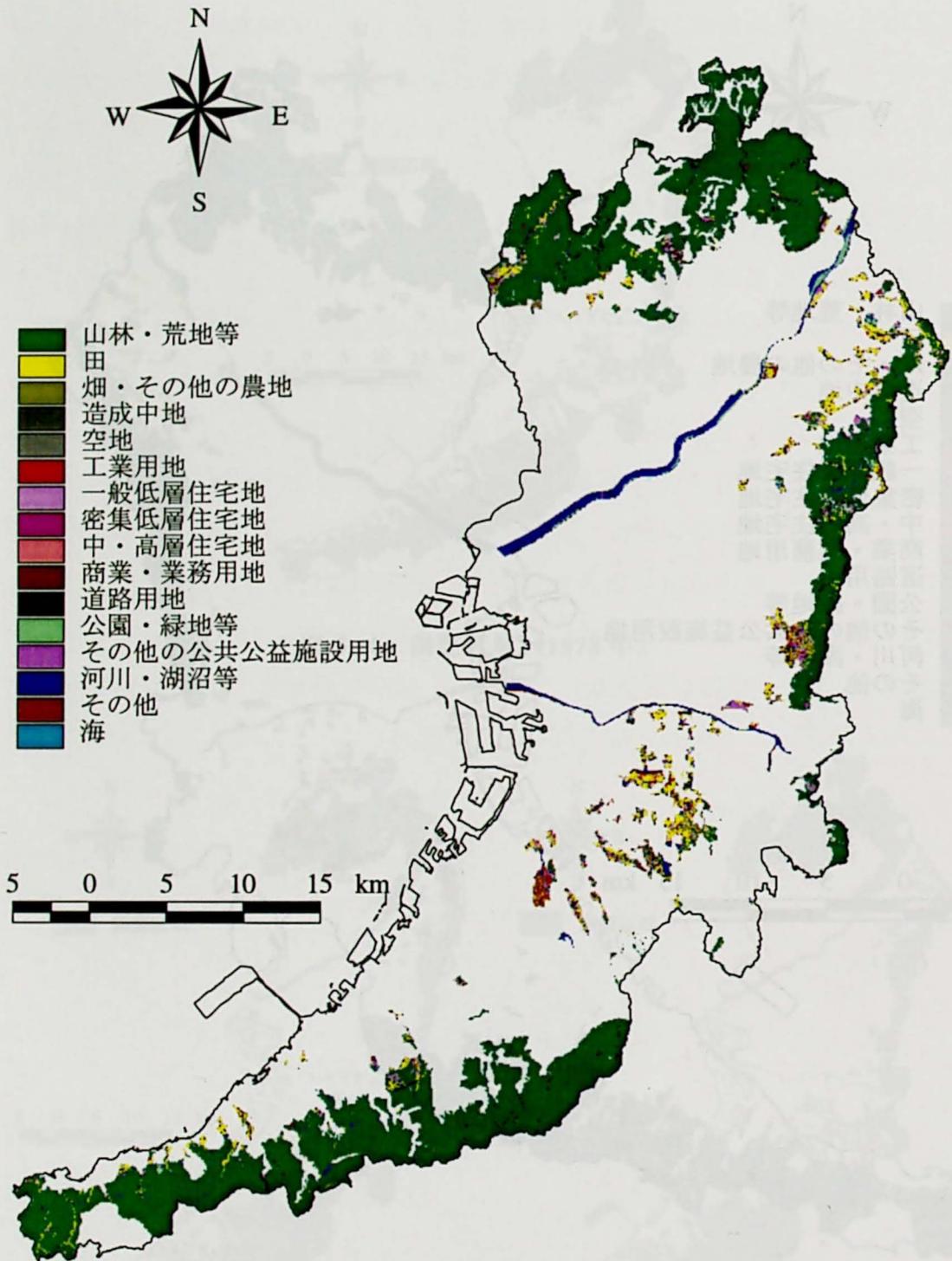


図 5.14 3 時点間調整区域の土地利用図 (1985 年)

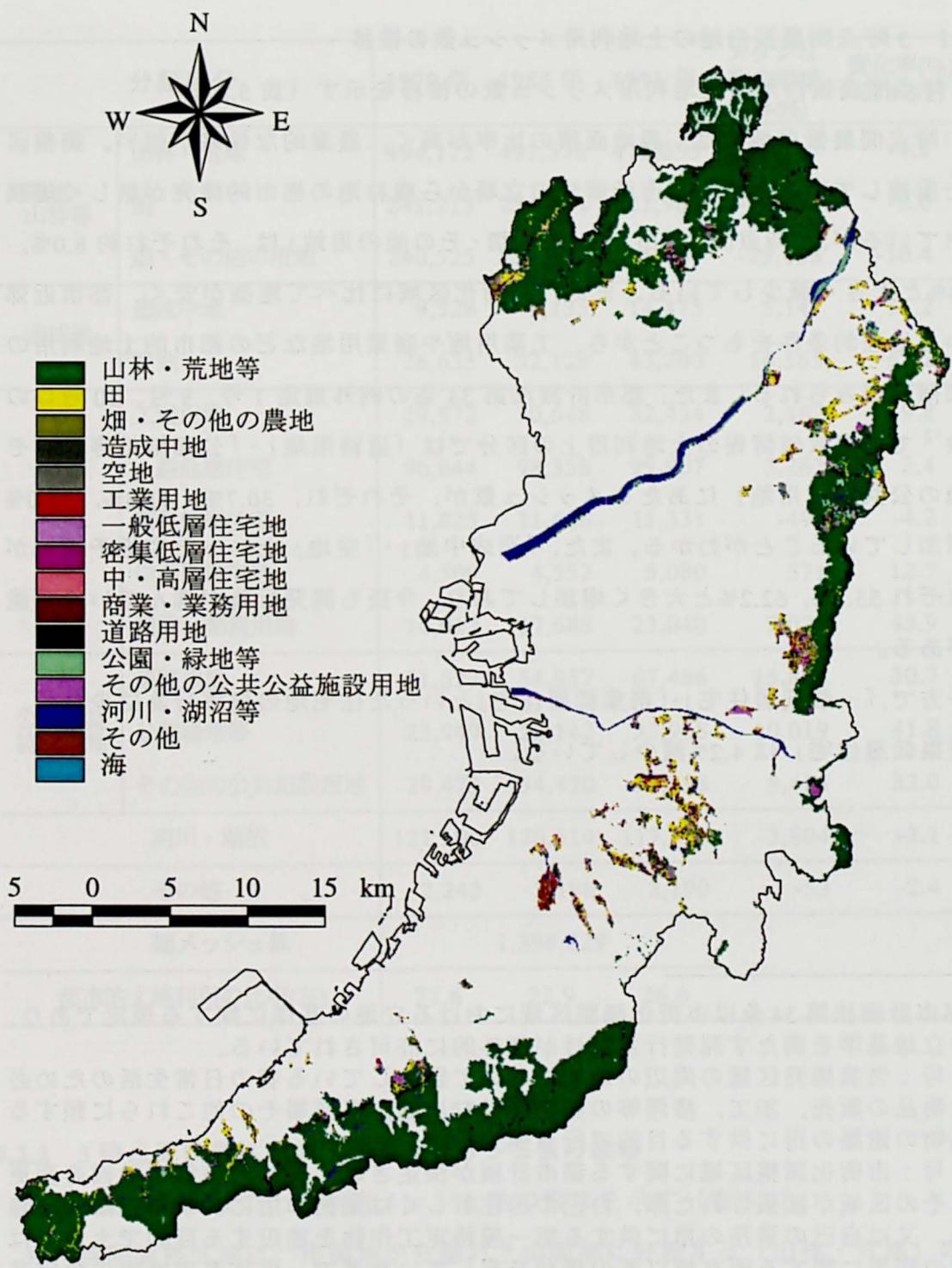


図 5.15 3 時点間調整区域の土地利用図 (1991 年)

5.2 農振白地の土地利用変化の空間分析

5.2.1 3時点間農振白地の土地利用メッシュ数の推移

3時点間農振白地の土地利用メッシュ数の推移を示す（表5.2）。

3時点間農振白地では、農地面積の比率が高く、農業的な性格が強い。調整区域と重複しているため、都市計画法の立場から農林地の都市的開発が厳しく規制されているが、3時点間に「田」および「畑・その他の用地」は、それぞれ約8.0%、10.4%と大きく減少している。また、市街化区域に比べて地価が安く、都市近郊という地理的条件をもつことから、工業用地や商業用地などの都市的土地利用の増加傾向がみられる。また、都市計画法第34条の例外規定1号、9号、10号口の対象^{*2}で細密数値情報の土地利用上の区分では「道路用地」・「公園緑地等」・「その他の公共施設用地」にあたるメッシュ数が、それぞれ、30.7%、41.8%、32.0%と増加していることがわかる。また、「造成中地」・「空地」といった宅地予備地がそれぞれ55.2%、62.2%と大きく増加しており、今後も開発行為が進んでいく可能性がある。

一方で、「一般低層住宅」・「密集低層住宅」といった住宅地の建築行為は少なく、「密集低層住宅」は4.2%減少している。

^{*2} 都市計画法第34条は市街化調整区域における立地の基準に関する規定であり、この立地基準を満たす開発行為だけが例外的に許可されている。

第1号：当該開発区域の周辺の地域において居住している者の日常生活のため必要な物品の販売、加工、修理等の業務を営む店舗、事業場その他これらに類する建築物の建築の用に供する目的で行う開発行為。

第9号：市街化調整区域に関する都市計画が決定され、又は当該都市計画を変更してその区域が拡張された際、自己の居住若しくは業務の用に供する建築物を建築し、又は自己の業務の用に供する第一種特定工作物を建設する目的で土地又は土地の利用に関する所有権以外の権利を有していた者で、当該都市計画の決定又は変更の日から起算して6月以内に建設省令で定める事項を都道府県知事に届け出たものが、当該目的に従って、当該土地に関する権利の行使として行う開発行為（政令で定める期間内に行うものに限る）。

第10号口：開発区域の周辺における市街化を促進するおそれがないと認められ、かつ、市街化区域内において行うことが困難又は著しく不相当と認められるもの。

表 5.2 3 時点間農振白地の土地利用メッシュ数の推移

分類区分		1979 年	1985 年	1991 年	メッシュ数の増減 (79-91)	変化率(%) (79-91)
農地・山林等	山林・荒地	494,172	491,578	472,055	-22,117	-4.5
	田	241,215	234,404	221,982	-19,233	-8.0
	畑・その他の用地	240,525	231,441	215,467	-25,058	-10.4
造成地	造成中地	9,328	9,135	14,475	5,147	55.2
	空地	26,635	32,128	43,200	16,565	62.2
宅地	工業用地	29,572	30,648	32,454	2,882	9.8
	一般低層住宅	96,644	98,358	99,907	3,263	3.4
	密集低層住宅	11,825	11,666	11,331	-494	-4.2
	中高層住宅地	4,509	4,552	5,080	571	12.7
	商業・業務用地	16,017	17,688	23,040	7,023	43.9
公共公益施設用地	道路用地	51,622	54,957	67,486	15,864	30.7
	公園緑地等	23,949	25,142	33,968	10,019	41.8
	その他の公共施設用地	29,473	34,420	38,898	9,425	32.0
河川・湖沼		121,100	120,514	117,296	-3,804	-3.1
その他		2,243	2,198	2,190	-53	-2.4
総メッシュ数		1,398,829				
都市的土地利用の比率(%)		21.6	22.9	26.6		

5.2.2 3 時点間調整区域の土地利用メッシュ数の推移

3 時点間調整区域の土地利用メッシュ数の推移を示す（表 5.3）。

3 時点間調整区域は、市街地から離れた山間部に分布する「山林・荒地」の面積が全体の約 76%と大部分を占めている。この地域は市街化の影響は少なく、「森林・荒地」のメッシュ数は 1.8%の減少にとどまっている。一方で、市街地周辺の開発予備地に多く分布する「田」が約 12.6%減少している。また、「造成中地」、

「空地」といった宅地予備地がそれぞれ 81.6%、50.9%と大きく増加している。「商業業務用地」、「その他の公共施設用地」はそれぞれ 49.4%、63.5%と大きく増加していることがわかる。上述したように、3 時点間調整区域は、主に「山林・荒地」、「畑・その他の用地」が分布する市街化の影響を受けにくい地域と、主に「田」が分布し、市街地に近い地域に分けることができる。したがって、両地域の性質が異なるために、表 5.3 のようなメッシュ数の推移だけでは、土地利用動向の特性を把握しにくくなっている。

表 5.3 3 時点間調整区域の土地利用メッシュ数の推移

分類区分		1979 年	1985 年	1991 年	メッシュ数の増減 (79-91)	変化率(%) (79-91)
農地・山林等	山林・荒地	3,187,136	3,170,742	3,129,335	-57,801	-1.8
	田	275,573	256,371	240,960	-34,613	-12.6
	畑・その他の用地	112,275	109,864	103,956	-8,319	-7.4
造成地	造成中地	20,849	17,845	37,864	17,015	81.6
	空地	36,477	45,088	55,032	18,555	50.9
宅地	工業用地	28,806	29,986	30,413	1,607	5.6
	一般低層住宅	55,289	59,138	62,870	7,581	13.7
	密集低層住宅	8,676	8,652	8,311	-365	-4.2
	中高層住宅地	3,754	3,894	4,283	529	14.1
	商業・業務用地	17,001	20,434	25,399	8,398	49.4
公共公益施設用地	道路用地	78,336	82,377	92,869	14,533	18.6
	公園緑地等	55,782	65,867	79,048	23,266	41.7
	その他の公共施設用地	42,440	55,877	69,385	26,945	63.5
河川・湖沼		233,870	236,459	223,256	-10,614	-4.5
その他		22,528	16,198	15,811	-6,717	-29.8
総メッシュ数		4,178,792				
都市的土地利用の比率(%)		8.9	9.7	11.5		

5.2.3 「田」の変化の空間分析

3時点間農振白地と3時点間調整区域は、共に都市的土地利用が増加しており、農地転用面積も大幅に増加している。そこで農地転用の動向を、より詳細に把握するために、「田」および「畑・その他の用地」に関して、土地利用メッシュデータのオーバーレイによる空間解析を行い、1979年から1985年の期間（80年代前期）と、1985年から1991年の期間（80年代後期）における農地の転用先の傾向を探ることとする。

「田」について、3時点間農振白地の転用先（図 5.16）と3時点間調整区域の転用先（図 5.17）を比較すると、3時点間農振白地では80年代前期から後期にかけて、全体の転用面積が大きく増加している。農地・山林等への転用面積はほとんど変化していないが、造成地、宅地などの都市的土地利用への転用面積が大きく

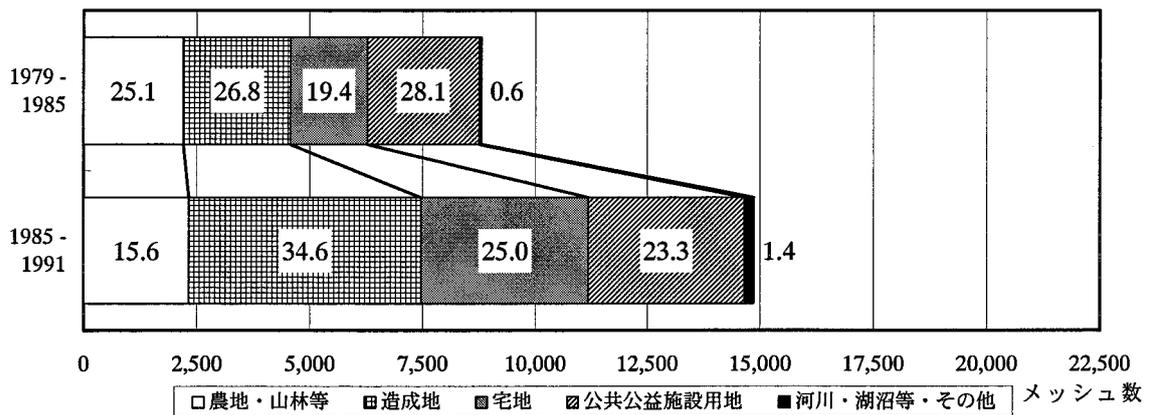


図 5.16 3時点間農振白地の「田」の転用先

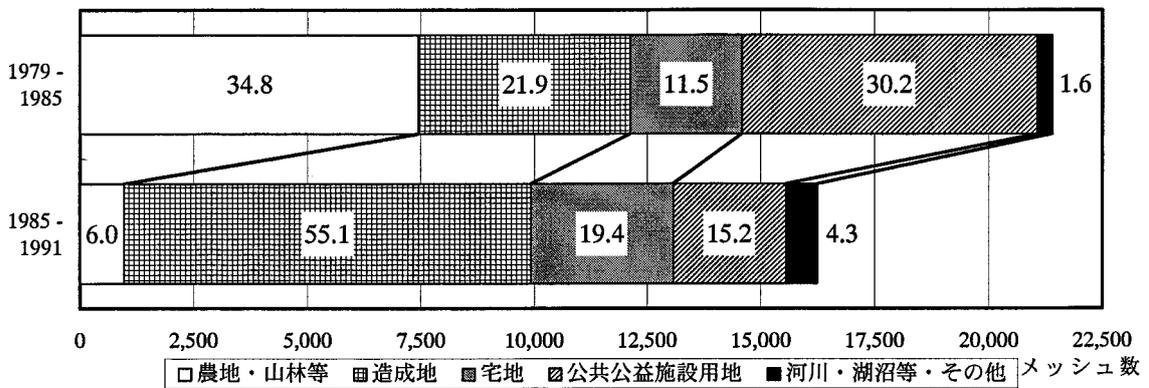


図 5.17 3時点間調整区域の「田」の転用先
注) 棒グラフ中の数値は転用比率(%)を示す(図 5.16・図 5.17)。

増加しており、「田」の転用が都市的土地利用へ進んでいる傾向がわかる。これに対し、3時点間調整区域では、全体の転用面積は減少している。

「田」は、平野部にある市街地周辺の3時点間調整区域から、丘陵地帯の3時点間農振白地にわたって多く分布しており、80年代前期から後期にかけて都市化の影響による農地転用が、3時点間調整区域から3時点間農振白地へと移行していることがわかる。

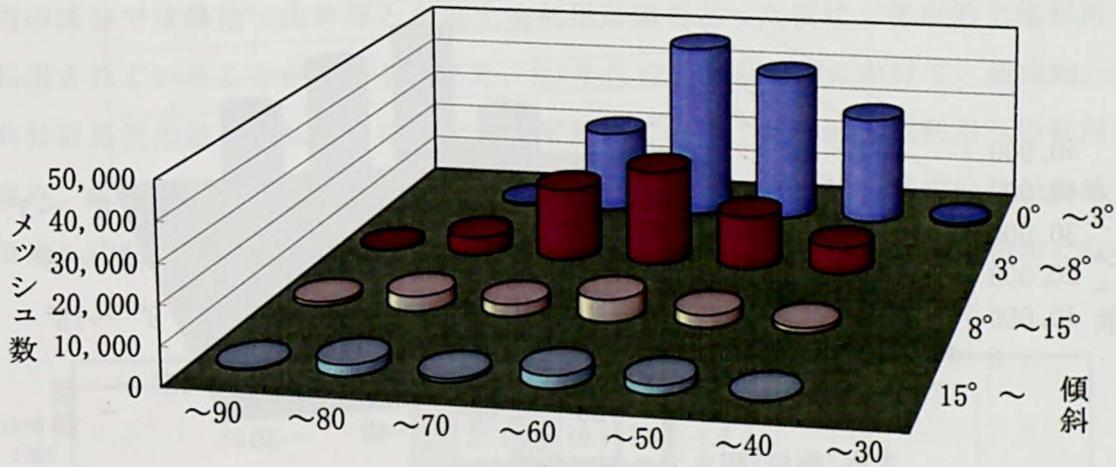
ここで、3時点間農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布特性を詳細に把握するために、大阪（梅田）駅までの所要時間と傾斜により28区分に地域分類し、3時点間農振白地内の「田」の分布（図5.18、図5.20）と、都市的土地利用に転用された「田」の分布（図5.19、図5.21）を比較する。1979年および1985年の「田」の分布をみると、傾斜が 0° ～ 3° の地点に多く分布し、傾斜 8° 以上の条件では、極端にメッシュ数が少なくなっていることがわかる。また、大阪（梅田）駅までの所要時間は約30分から70分の時間帯に多く分布し、50分から60分の時間帯に分布するメッシュの数が最も多くなっている。

これに対し、図5.19に示す80年代前期に都市的土地利用に転用された「田」の分布をみると、図5.18に比べて傾斜が 0° から 3° の条件により多く分布し、傾斜が 8° 以上の地域ではほとんど転用されていない。大阪（梅田）駅までの所要時間は、図5.18に比べて短くなっており、30分から40分の時間帯に分布するメッシュの数が最も多くなっている。80年代後期もほぼ同様の傾向がみられる（図5.20、図5.21）。「田」はその土地利用の特性上、平地に多く分布するが、そのため地形的な観点からみると都市的土地利用としての利用価値が高い。そのなかでも市街地へ近い条件下にあり、傾斜が小さいという地形条件を持つ「田」が転用されている傾向が確認できた。

また、80年代後期には、関西国際空港の埋め立てに伴い、泉州地域を中心に市街化区域で大規模な開発が行われた。この地域周辺の3時点間農振白地は、市街化区域と隣接して、微細なパッチとして点在しているために、開発に伴う都市化の影響を間接的に受けて、この期間の農地の転用面積が増加したものと考えられる。

表 5.4 農振白地の「田」の分布 (1979年)

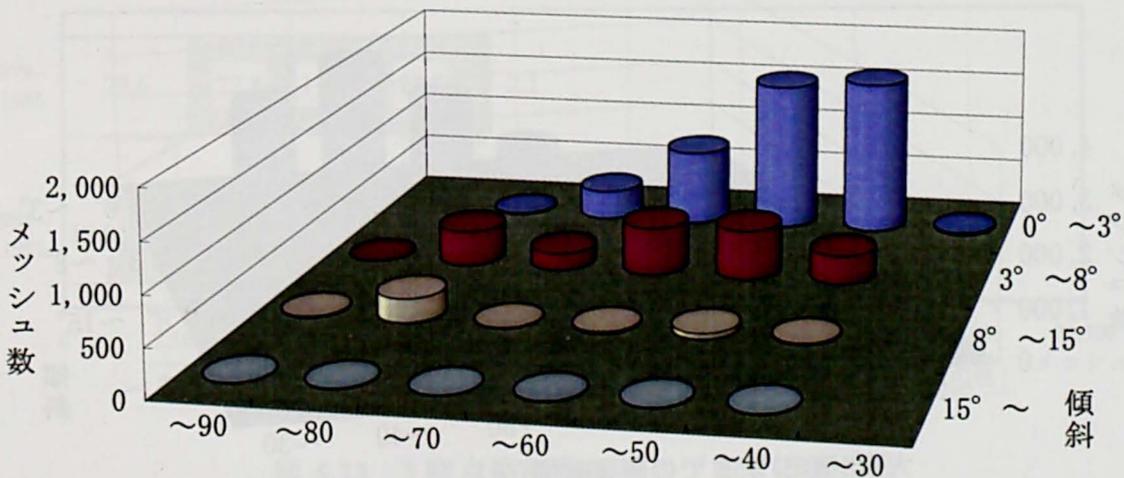
	20~30 分	30~40 分	40~50 分	50~60 分	60~70 分	70~80 分	80~90 分
0°~3°	766	29,353	40,695	47,996	22,200	604	
3°~8°		7,022	14,120	25,288	19,198	4,774	335
8°~15°		1,200	3,123	5,738	3,095	3,895	1,012
15°~		127	2,249	3,077	863	2,744	354



大阪(梅田)駅までの所要時間(分)
図 5.18 農振白地の「田」の分布 (1979年)

表 5.5 農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1979-85年)

	20~30 分	30~40 分	40~50 分	50~60 分	60~70 分	70~80 分	80~90 分
0°~3°	20	1,631	1,568	787	307	9	
3°~8°		297	514	498	178	366	0
8°~15°		12	56	19	5	244	10
15°~		4	5	6	0	6	0



大阪(梅田)駅までの所要時間(分)
図 5.19 農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1979-85年)

表 5.6 農振白地の「田」の分布 (1985 年)

	20~30分	30~40分	40~50分	50~60分	60~70分	70~80分	80~90分
0°~3°	746	27,469	39,215	47,193	21,811	595	
3°~8°		6,720	13,579	24,525	19,454	4,394	335
8°~15°		1,188	3,073	5,744	3,109	3,640	959
15°~		123	2,245	3,016	812	2,731	354

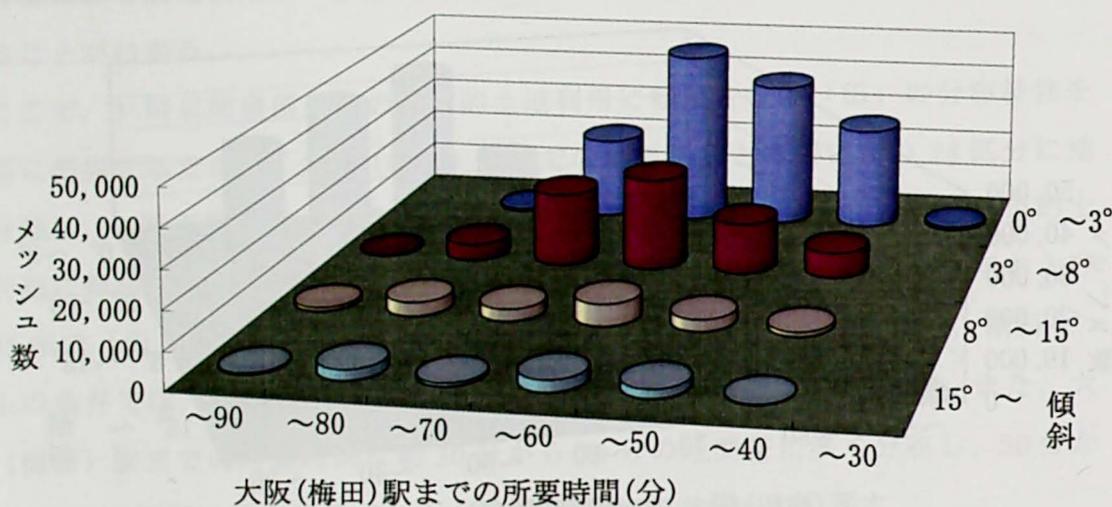


図 5.20 農振白地の「田」の分布 (1985 年)

表 5.7 農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1985-91 年)

	20~30分	30~40分	40~50分	50~60分	60~70分	70~80分	80~90分
0°~3°	43	2,292	3,094	2,165	930	0	
3°~8°		137	468	1,399	1,002	220	0
8°~15°		3	48	68	187	121	0
15°~		0	0	14	16	1	0

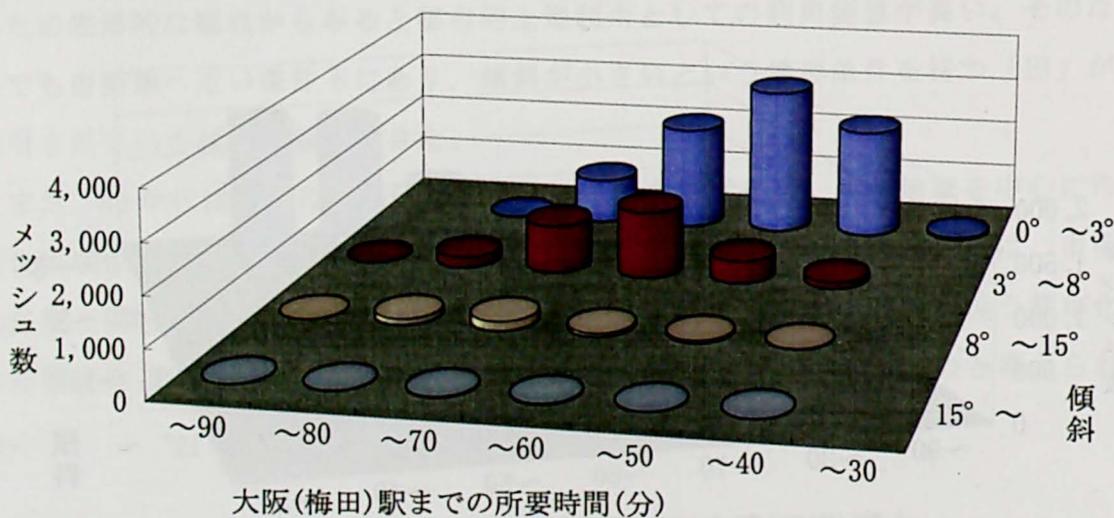


図 5.21 農振白地の都市的土地利用に転用された「田」の分布 (1979-85 年)

5.2.4 「畑・その他の用地」の変化の空間分析

「畑・その他の用地」について、3時点間農振白地の転用先（図 5.22）と3時点間調整区域の転用先（図 5.23）を比較すると、3時点間農振白地では農地・山林等への転用面積が「田」に比べて大きい値を示している。このうちの約 20%が 80 年代後期に都市的土地利用へと転用されており、笹地、裸地など、細密数値情報の区分では農地・山林等となる土地利用形態をとった後に、都市的土地利用へ転用されていることがわかる。また、80 年代前期から後期にかけて、造成地、公共公益施設用地への転用面積が大きく増加しており、都市的土地利用への転用が進み、全体の転用面積も大きく増加している。また、80 年代後期の公共公益施設用地への転用先の細区分をみると、そのほとんどが「道路用地」への転用となっ

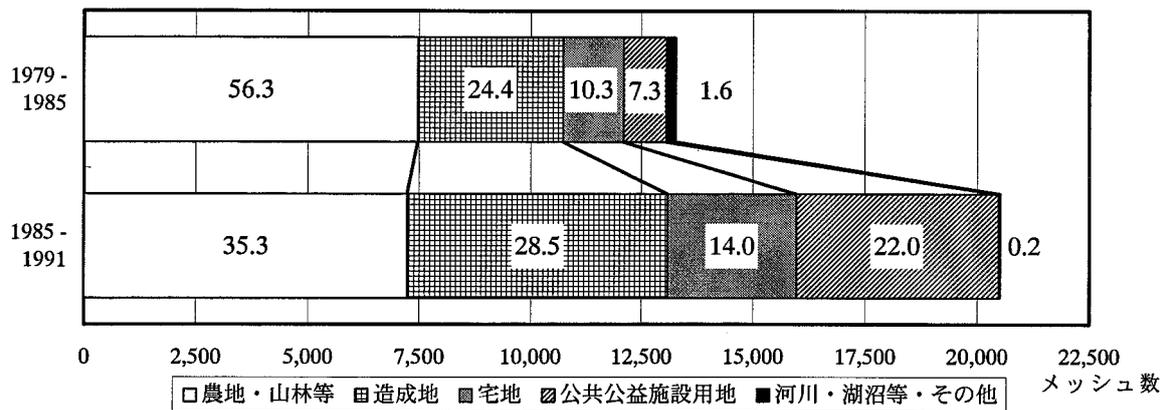


図 5.22 3 時点間農振白地の「田」の転用先

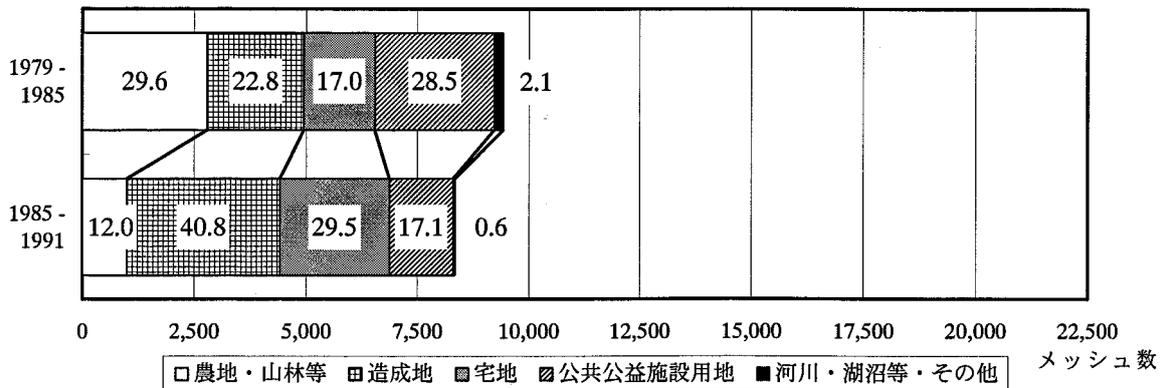


図 5.23 3 時点間調整区域の「田」の転用先

注) 棒グラフ中の数値は転用比率(%)を示す(図 5.22・図 5.23)。

ている。これは阪和道の建設によるものであり、道路整備による営農環境の悪化や、沿道の商業業務用地立地などによる都市的土地利用の混在が促進される可能性がある。

3時点間調整区域では、「畑・その他の用地」の分布が比較的市街地から離れた緩傾斜地に多いため、転用面積は若干減少しているがほとんど変化していない。

以上から、3時点間農振白地の「畑・その他の用地」は、80年代前期に比べ80年代後期に転用面積が増加していることがわかる。さらに、都市的土地利用に転用された「畑・その他の用地」の分布形態をみてもみることにする。

1979年、1985年の「畑・その他の用地」の分布形態（図5.24、図5.26）をみると、傾斜が 3° から 8° の地域に多く分布し、「畑・その他の用地」の土地利用上の特性からも緩傾斜地に分布していることがわかる。また、大阪（梅田）駅までの所要時間は、60分から70分の時間帯に最も多く、「田」の分布に比べて市街地から離れた地域に分布していることがわかる。これらは平地から山間部の間にある丘陵地帯に多く分布し、「田」に比べると都市化の影響を受けにくい地域である。しかし、80年代前期の都市的土地利用に転用された「畑・その他の用地」の分布（図5.25）をみると、大阪（梅田）駅までの所要時間が50分から60分の時間帯に分布するメッシュの数が最も多く、より市街地に近い条件にある「畑・その他の用地」が転用されており、また、傾斜が 0° から 3° の地域でも多く転用されていることがわかる。ここでも、開発適性の高い地理条件にある地域の転用が多いことが明らかになった。さらに、80年代後期に都市的土地利用に転用された「畑・その他の用地」の分布（図5.26）をみると、傾斜が 0° から 3° の地域における転用傾向がさらに大きくなっている。また、大阪（梅田）駅までの所要時間は、60分から70分の時間帯に最も多く分布しており、80年代前期に比べてさらに山間部へと開発行為が進んでいる現状が観測できる。

表 5.8 農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1979 年)

	20~30 分	30~40 分	40~50 分	50~60 分	60~70 分	70~80 分	80~90 分
0°~3°	60	3,868	18,155	25,403	14,969	721	
3°~8°		421	9,349	37,354	44,265	13,946	262
8°~15°		58	2,964	13,567	18,284	14,060	343
15°~		25	901	6,928	5,514	7,294	511

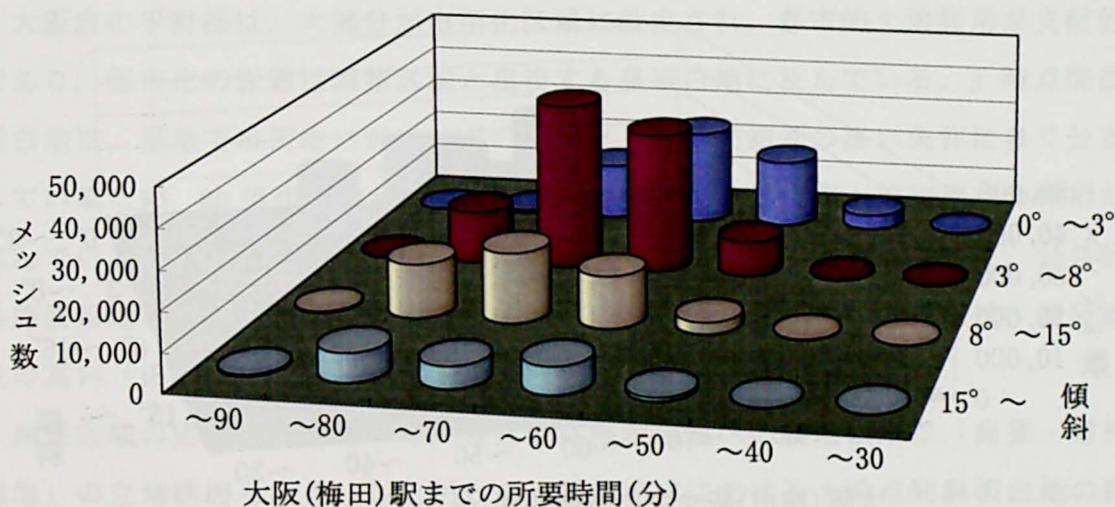


図 5.24 農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1979 年)

表 5.9 農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他の用地」の分布 (1979-85 年)

	20~30 分	30~40 分	40~50 分	50~60 分	60~70 分	70~80 分	80~90 分
0°~3°	0	255	817	713	198	22	
3°~8°		4	283	1,079	754	424	0
8°~15°		6	22	139	83	477	0
15°~		0	0	31	19	228	0

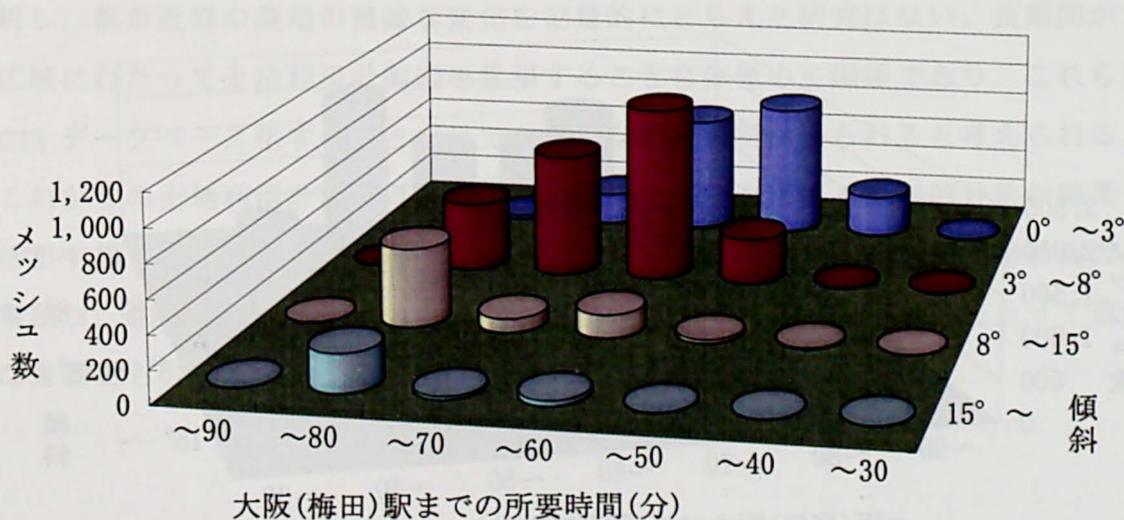


図 5.25 農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他の用地」の分布 (1979-85 年)

表 5.10 農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1985年)

	20~30分	30~40分	40~50分	50~60分	60~70分	70~80分	80~90分
0°~3°	60	3,905	17,426	24,003	14,292	675	
3°~8°		426	8,977	35,598	42,400	13,495	287
8°~15°		52	2,914	13,662	18,004	13,494	325
15°~		25	925	7,000	5,269	6,420	508

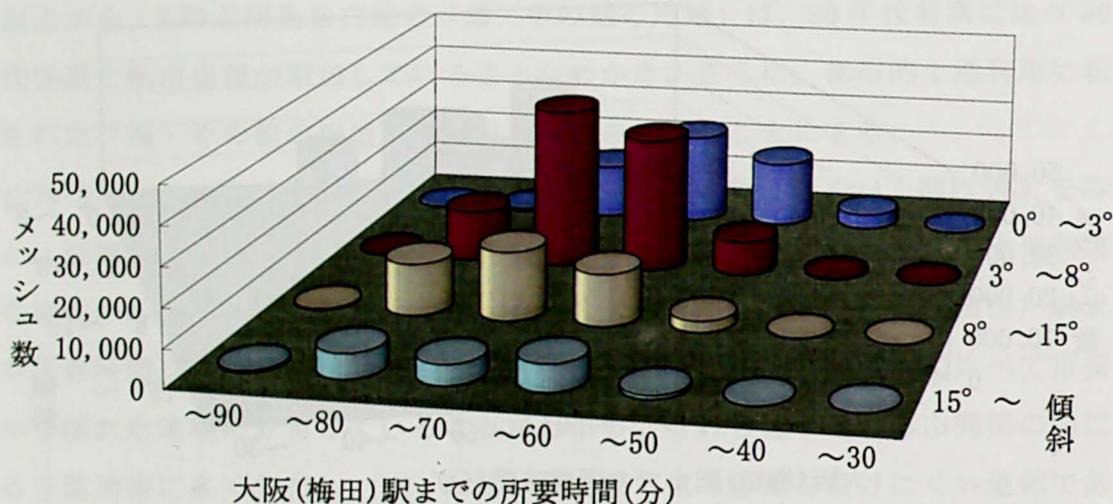


図 5.27 農振白地の「畑・その他の用地」の分布 (1985年)

表 5.11 農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他の用地」の分布 (1985-91年)

	20~30分	30~40分	40~50分	50~60分	60~70分	70~80分	80~90分
0°~3°	12	484	2,188	1,416	1,395	15	
3°~8°		22	701	1,251	2,410	929	0
8°~15°		1	60	401	877	568	0
15°~		2	30	44	70	308	0

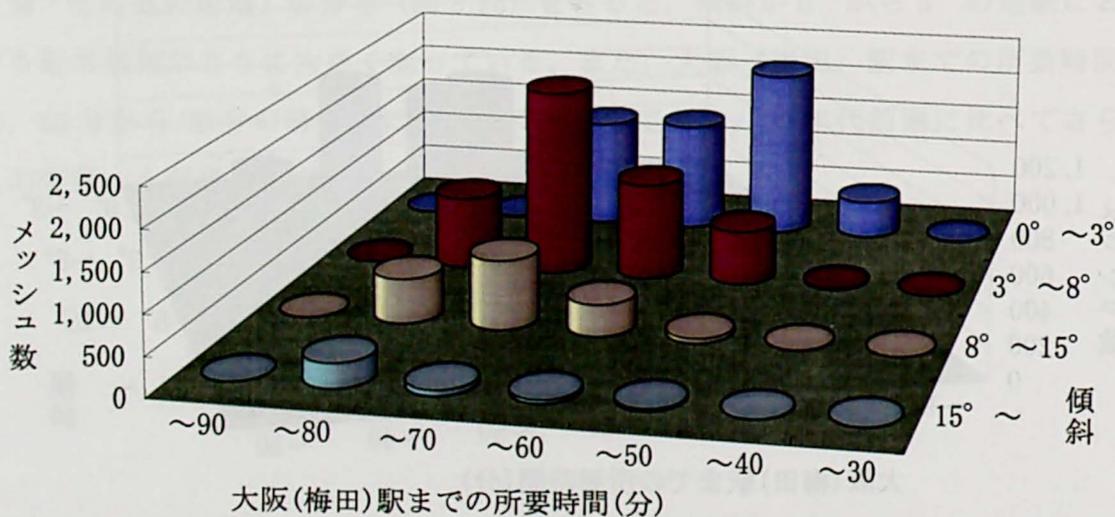


図 5.28 農振白地の都市的土地利用に転用された「畑・その他の用地」の分布 (1985-91年)

5.3 まとめ

本章では、土地利用基本計画図と細密数値情報の 10m 土地利用メッシュデータのオーバーレイ解析により、農用区域の変更を年次的に追跡し、農振白地の広域土地利用変化動向を分析した。

大阪府の平野部は、大部分が市街化区域に設定され、都市的土地利用が支配的であり、都市化の影響は調整区域と重複する農振白地に及んでいる。3 時点間農振白地は、平地で市街地に近いなどの都市として開発適性の高い条件に多く分布しているため、80 年代前期から後期にかけて、農地の都市的土地利用への転用が進んでいる現状が明らかになった。特に「畑・その他の用地」において、公共公益施設用地への転用傾向が大きくなっている。造成地や宅地への転用は、開発適性の高い「田」において大きく増加している。

調整区域の建築活動において、公共公益施設用地への農地転用は「商業・業務用地」の立地誘因となる。したがって、対象地域における 3 時点間農振白地の農地の変化動向から明らかになったように、公共公益施設用地への農地転用が促進され、地形的に優良な農地が優先的に転用されていけば、結果として都市的土地利用の混在による営農環境の悪化と、これに伴う優良農地の都市的土地利用への転用がさらに促進されるという悪循環が生まれる可能性がある。

これまで、農振白地の農地が抱える問題点がとなえられてきたが、本研究のように 10m メッシュという微細な土地利用の空間データを使用して、広い地域を分析し、都市近郊の農地の複雑な変化を定量的にとらえた研究はない。長期間かつ広域にわたって土地利用計画図を集積すること自体極めて困難であり、これらを GIS データベース化することだけでも貴重な研究資料が得られると考えられる。これからの土地利用計画には、こうした微細なデータによる科学的分析の結果を活用することが重要である。そのためにも、広域的・年次的に土地利用計画図を集積し、GIS データベースとして整備していくことが土地利用研究にとって重要な意義をもつものと考えられる。

第 6 章 結論

本論文は、数値情報を使用して、各種の空間分析手法を地域分析に適用し、土地利用の空間分布特性、および土地利用変化動向を定量的に分析することを通じて、土地利用計画技術の発展を試みたものである。以下、各章の内容を総括して、本論の結論とする。

第 2 章「空間分析におけるメッシュデータの適用可能性」では、様々な空間分析手法と、国土数値情報、および細密数値情報のメッシュデータに対する適用可能性を検討した。メッシュデータの分析には、近傍メッシュの空間的な波及効果を考慮する必要がある、その際にはメッシュデータの大きさも同時に考慮しなければならない。国土数値情報と細密数値情報の土地利用メッシュデータは、土地利用の空間分析に適する空間規模をもつことを示した。

第 3 章「空間相関分析法を用いた土地利用の空間分布分析」では、阪神地域を対象として土地利用のばらつきや集塊性などの分布形態の特徴と土地利用変化の関係を分析し、その結果、林地の変化は、林地のばらつきや広がり、近傍に分布する土地利用地目の種類などの分布形態に関連性があることを明らかにした。

第 4 章「地理的重み付け回帰を用いた土地利用モデルの構築」では、細密数値情報の近畿圏土地利用メッシュデータを使用して、農地の変化が他の要因(傾斜、駅からの距離、農地面積の割合)とどのような関係にあるのかを分析した。パラメータを空間的に変動させた重回帰分析で、空間上のデータの地域的差異を捉えることのできる分析手法 GWR によりこれを定式化し、従来の重回帰モデルより優れたモデルであることを実証した。得られたパラメータから、農地変化の大きい都市周辺部において、優良農地を保全するためにどのような条件の地区を選ぶことが望ましいか、といった土地利用計画上の判断材料として有効であることを示した。

第 5 章「農振白地の土地利用変化動向」では、大阪府全域を対象として農業振興地域の広域的土地利用変化に関する分析を行った。とくに、無秩序な農地転用が問題視されている農振白地の土地利用変化動向について、GIS により作成したデータベースと細密数値情報の近畿圏土地利用メッシュデータを元に時系列で分

析した。その結果、広域的・長期的な現象把握を通じて農振白地に特有の土地利用変化構造が明らかになった。また、調整区域の土地利用変化動向と比較することで、80年代前期から80年代後期にかけて農地の都市的土地利用への転用が、調整区域から農振白地へと移行していることが明らかになった。

本論では、一貫して土地利用のメッシュデータを使用した。土地利用の定量的分析は、扱うデータの性質によって大きく二分される。行政区などの社会的単位によって集計された「統計データ」を用いる場合、人口や生産活動などの社会・経済データも同様の単位で取得しやすい反面、集計単位内部での空間分布が包括されているために現象の空間的変動を捉えることができない。一方、地域メッシュや衛星画像などの「空間データ」は、10~100mの微細な空間単位で事象を把握することができ、とくに空間的変動の大きい土地の自然立地的条件（傾斜や地質など）や地理的条件（アクセシビリティなど）を考慮した分析が可能である。

従来の土地利用研究は、空間データの取得が困難であることや、コンピュータの処理能力の制約から、統計データを用いた微視的な分析が中心であった。そのため、例えば農業集落や市町村を単位として土地利用変化の分析や将来予測を行ったとしても、集計単位内のどの地点が計画策定上重要であるかといった判断材料を提示し得ない。また、微細な空間データを用いて分析を行ったとしても、その結果は極めて局所的な要因の影響を受ける場合が多く、一般的な計画技術として適用することは問題がある。

以上から、土地利用現象を的確に捉え、人間活動や地域環境との関連において望ましい将来像を計画的に導くためには、より広域的な、しかも空間的に詳細な分析手法が不可欠であることは明らかである。近年の空間データ整備とGIS技術の進展は、まさにこうした研究のプラットフォームを提供している。本論文はその利点を最大限に活かして、今までにない土地利用研究の方向性を提示したものである。

【文献リスト】

- 1) 藍沢宏・沈相旭(1990)：広域における土地利用の域形成と土地利用種目混在の分布構造に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集，vol.417，pp.75-85
- 2) 藍沢宏・沈相旭(1991)：広域における地形条件からみた土地利用形成に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集，vol.420，pp.31-39
- 3) 青木義次(1986)：メッシュデータ解析の一方法としての空間相関分析法の提案 その1メッシュデータ解析の問題点と空間相関分析法の理論，日本建築学会計画系論文報告集，vol.364，pp.94-101
- 4) 青木義次(1986)：メッシュデータ解析の一方法としての空間相関分析法の提案 その2土地利用の連担生・共存性・排斥性の計量化への応用，日本建築学会計画系論文報告集，vol.368，pp.119-125
- 5) 青木義次・大佛俊泰(1986)：都市メッシュデータ解析におけるメッシュサイズの効果，都市計画別冊，vol.21，pp.247-252
- 6) 青木義次(1987)：メッシュデータ解析の一方法としての空間相関分析法の提案 その3空間影響関数モデルの有効性と問題点，日本建築学会計画系論文報告集，vol.377，pp.29-35
- 7) 青木義次・大佛俊泰(1990)：空間相関関数とその統計的検定の実用的計算手法と視覚化 実用的メッシュデータ解析システム構築のための空間相関分析法の体系化 その1，日本建築学会計画系論文報告集，vol.416，pp.45-53
- 8) 青木義次・大佛俊泰(1991)：空間影響モデルの安定推定法 実用的メッシュデータ解析システム構築のための空間相関分析法の体系化 その2，日本建築学会計画系論文報告集，vol.424，pp.61-67
- 9) 青木義次・大佛俊泰(1992)：カテゴリー変量を被説明変量とする空間影響モデル カテゴリー変量のための空間相関関数と空間影響モデルによる土地利用予測，日本建築学会計画系論文報告集，vol.433，pp.111-117
- 10) 青木義次・大佛俊泰(1992)：ロジットモデルと空間影響モデルを連動した居住地選択行動モデル カテゴリー変量を説明変量とする空間影響モデル，日本建築学会計画系論文報告集，vol.444，pp.97-103

- 11) 青木義次・永井明子・大佛俊泰(1994)：遷移確率行列を用いた土地利用分析における誤差評価，日本建築学会計画系論文集，vol.456，pp.171-177
- 12) 石坂公一(1992)：土地利用遷移行列の分析手法に関する考察 首都圏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報告集，vol.436，pp.59-69
- 13) 石坂公一(1992)：首都圏における距離帯別の土地利用変化動向 首都圏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報告集，vol.442，pp.97-106
- 14) 石田憲治・島武男(1998)：九州地域における農振白地の現状とスプロール抑止効果の事例的検証，農村計画学会学術研究発表会要旨集，pp.61-64
- 15) 浦山益郎・佐藤圭二・青山公三・井沢知旦(1981)：都市近郊農業地域における調整区域スプロールの実態と土地利用計画上の課題，都市計画別冊，vol.16，pp.199-204
- 16) 浦山益郎・佐藤圭二・井沢知旦・松村久美秋(1983)：市街化調整区域における宅地化過程について，都市計画別冊，vol.18，pp.379-384
- 17) 大阪府建築都市部総合計画課(1999)：『国土利用計画関係資料集』
- 18) 奥村晴彦(1993)：『C言語による最新アルゴリズム事典』，技術評論社
- 19) 大佛俊泰・青木義次(1992)：都市空間の「場所性」を組み込んだ空間影響モデル 実用的メッシュデータ解析システム構築のための空間相関分析法の体系化 その3，日本建築学会計画系論文報告集，vol.434，pp.99-105
- 20) 大佛俊泰・倍田賢一(1996)：安定地点を考慮した土地利用遷移予測モデル，GIS理論と応用，Vol.4，No.2，pp.1-6
- 21) 大佛俊泰・栗崎直子(1996)：効用概念に基づく土地利用遷移確率モデルの構築とその応用，vol.4，No.2，pp.7-14
- 22) 河西朝雄(1992)：『C言語によるはじめてのアルゴリズム入門』，技術評論社
- 23) 岸芳男・中村隆司・岩崎征人(1997)：市街化調整区域内農地の区分と宅地化に関する研究 -国分寺市・海老名市について-，環境情報科学論文集，vol.11，pp.255-260
- 24) 木谷弘司・川上光彦(1996)：市街化調整区域における市街化の実態と課題 -金沢市の事例からの考察-，都市計画別冊，vol.31，pp.583-588

- 25) 木谷弘司・川上光彦(1997)：市街化調整区域における集落周辺の開発実態と地区計画導入の可能性 - 金沢市の事例研究 -, 都市計画別冊, vol.32, pp.163-168
- 26) 木谷弘司・川上光彦(1998)：市街化調整区域における土地利用コントロールに関する調査研究-地方中心都市を事例として-, 都市計画別冊, vol.33, pp.511-516
- 27) 金俊栄・萩島哲・大貝彰・岩尾襄・黒瀬重幸(1991)：土地利用遷移行列による都市の土地利用用途転移の分析, 日本建築学会計画系論文報告集, vol.424, pp.69-78
- 28) 建設省国土地理院監修(1992)：『数値地図ユーザズガイド』, 日本地図センター
- 29) 腰塚武志・栗田治(1984)：メッシュデータを用いた人口推定と平均距離算出, 都市計画別冊, vol.19, pp.319-324
- 30) 今野浩・山下浩(1978)：『非線形計画法』, 日科技連, pp.158-163
- 31) 西前出・水野啓・北村貞太郎(1997)：地域特性を考慮した土地利用モデルの構築, 農村計画学会学術研究発表会要旨集, pp.125-128
- 32) 西前出・水野啓・小林慎太郎(1998)：メッシュデータを用いた土地利用の空間分布分析に関する研究, 農村計画学会学術研究発表会要旨集, pp.65-68
- 33) 西前出・水野啓・小林慎太郎(1999)：地理的重み付け回帰を用いた土地利用の空間分布分析, 農村計画論文集, vol.1, pp.325-330
- 34) 西前出・水野啓・小林慎太郎(2000)：大阪府における農振白地の土地利用変化動向, 農村計画論文集, vol.2, pp.1-6
- 35) 貞広幸雄(1998)：大都市における商業都市空間構造の分析手法, 都市計画, vol.47, pp.74-79
- 36) 篠崎信雄(1994)：『統計解析入門』, サイエンス社
- 37) 自治省行政局振興課(1994)：『全国市町村要覧』, 第一法規出版
- 38) 鈴木義一郎(1995)：『情報量基準による統計解析入門』, 講談社
- 39) 瀬口哲夫・河合正吉(1998)：市街化調整区域における既存宅地の開発の現状と問題点 - 一宮市, 豊田氏におけるケーススタディー -, 都市計画別冊, vol.33, pp.529-534

- 40) 高阪宏行・岡部篤行編(1996):『GIS ソースブック -データ・ソフトウェア・応用事例-』, 古今書院
- 41) 武内和彦・恒川篤史(1994):『環境資源と情報システム』, 古今書院
- 42) 玉川英則(1984): 都市内における土地利用パターン及びその変化の計量的分析, 都市計画別冊, vol.19, pp.343-348
- 43) 玉川英則(1987): 土地利用比率の同質性から見た最適メッシュ規模に関する考察, 都市計画別冊, vol.22, pp.229-234
- 44) 車文韜・安部大就・増田昇・下村泰彦・山本聡(1996): GIS を用いた大阪府南部地域における JR 阪和線鉄道駅の土地利用への影響に関する研究, 都市計画別冊, vol.31, pp.19-24
- 45) 沈相旭・藍沢宏(1988): 都市圏構造における土地利用分布構造に関する研究 - 広領域における土地利用計画に関する基礎的研究 -, 日本都市計画学会学術研究論文集, vol.23, pp.295-300
- 46) 堤盛人・清水英範・井出裕史(1999): 誤差項の仮定からの違背が空間データを用いた回帰分析の結果に及ぼす影響 - 地価回帰モデルによる実証研究 -, GIS 理論と応用, vol.7, pp.19-26
- 47) 恒川篤史・李東根・米林聡・井手久登(1991): 土地利用混在の定量化手法, 環境情報科学, vol.20, pp.115-120
- 48) 中出文平 (1987): メッシュ情報の土地利用情報の利用可能性と問題点, 都市計画別冊, vol.22, pp.457-462
- 49) 中原宏・大田實(1983): 地価形成要因よりみた都市の土地利用変容予測に関する考察, 都市計画別冊, vol.18, pp.241-246
- 50) パスコシステム技術センター(1996):『Arc/Info Surface Modeling with TIN』, 講習会テキスト
- 51) 日笠端(1998):『市町村の都市計画 2 市街化の計画的制御』, 共立出版
- 52) 藤沢偉作(1985):『楽しく学べる多変量解析法』, 現代数学社
- 53) 増田昇(1998): 関西圏における都市農地の将来像, 都市計画, vol.47, pp.28-32
- 54) 水野啓・勝本卓・北村貞太郎(1997): 階層分散を用いた広域市町村圏の特性評価, 農村計画学会学術研究発表会要旨集, 1997, pp.121-124
- 55) 三田典玄(1986):『入門 C 言語』, アスキー出版局

- 56) 三田典玄(1986) : 『実習 C 言語』, アスキー出版局
- 57) Bowman, A.W., 1984, "An alternative method of cross-validation for the smoothing of density estimates" *Biometrika*, **71**, 353-360
- 58) Brunson, C.F., Fotheringham, A.S., Charlton, M., 1998, "Spatial nonstationarity and autoregressive models" *Environment and Planning A*, **30**, 957-973
- 59) Brunson, C.F., Fotheringham, A.S., Charlton, M.E., 1996, "Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity" *Geographical Analysis*, **28**, 281-298
- 60) Cleveland, W.S., 1979, "Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots" *Journal of the American Statistical Association*, **74**, 829-836
- 61) Cleveland, W.S., 1988, "Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting" *Journal of the American Statistical Association*, **83**, 596-610
- 62) DeMers, M.N., 1997, "Geographic Information Systems" John Wiley & Sons.
- 63) Fischer, M., Scholten, H.J., Unwin, D., 1996, "Spatial Analytical Perspectives on GIS" London: Taylor & Francis.
- 64) Fotheringham, A.S., 1992, "Exploratory spatial data analysis and GIS" *Environment and Planning A*, **25**, 156-158
- 65) Fotheringham, A.S., 1994, "On the future of spatial analysis: the role of GIS" *Environment and Planning A*, **25**, 30-34
- 66) Fotheringham, A.S., Rogerson, P., 1994, "Spatial Analysis and GIS" London: Taylor & Francis.
- 67) Fotheringham, A.S., Pitts, T.C., 1995, "Directional variation in distance decay" *Environment and Planning A*, **27**, 715-729
- 68) Fotheringham, A.S., 1996, "Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity" *Geographical Analysis*, **28**, 281-298
- 69) Fotheringham, A.S., 1998, "Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis" *Environment and Planning A*, **30**, 1905-1927
- 70) Fotheringham, A.S., Wegener, M., 2000, "Spatial Models and GIS -New Potential

and New Models-” London: Taylor & Francis.

- 71) Getis, A., Ord, J.K., 1992, “The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics” *Geographical Analysis*, **24**, 189-206
- 72) Krishna Iyer, P.V., 1950, “The theory of probability distribution of points on a lattice” *Annals of Mathematical Statistics*, **21**, 198-217
- 73) Krieger, M.H., 1991, “Segmentation and filtering into neighborhoods as processes of percolation and diffusion: stochastic processes (randomness) as the null hypothesis” *Environment and planning A*, **23**, 1609-1626
- 74) Longley, P., Batty, M., 1996, “Spatial Analysis: Modelling in a GIS Environment” John Wiley & Sons.

謝辞

本研究の端緒を開き、かつ親切丁寧なご指導、ご鞭撻を賜った小林慎太郎教授（京都大学大学院農学研究科）、理論構築に関し示唆に富むご教示をいただいた水野啓助手（京都大学大学院農学研究科）に心からの謝意を表します。また、本論の内容に関して多くの方々からご指導、ご批評をいただきました。とくに、高橋強教授（京都大学大学院農学研究科）、三野徹教授（京都大学大学院農学研究科）には、本論文を詳細に検討して頂き多大なるご教示を賜りました。

さらに、本研究はその多くが大阪府を対象としているため、大阪府庁から土地利用基本計画図を始めとした貴重なデータの提供を受けています。ここに感謝の意を述べます。

また、共に学んで励まし合い、啓発されることの多かった吉川郷主君、平井寛君に感謝します。日々有益な示唆と活力を与えてくれた研究室の各位に御礼申し上げます。

最後に、大学生活を9年も続ける私のわがままを快く受け入れ、物心両面にわたり私の研究生活を支えつづけてくれた両親に一言感謝を述べて締めくくりとしたい。

2001年

西前 出

付録 1

細密数値情報変換プログラム

```

/***** Tdk land-use data conversion program *****/
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#define M 300
#define N 400
main()
{
    char          file0[64],file1[64],dum[8],fname[12];
    char          dummy[5300],luse[25][M][N];
    unsigned long xcor,ycor;
    int           mcodeu,mcodev,ye;
    int           a,k,i,j,b,gnum;
    int           line,umax,umin,vmax,vmin;
    int           lu1,lu2,lu3,lu4,gcodev,gcode[20],yoko[50];
    FILE          *fp0,*fp1,*fp2,*fp3;

    printf(" INPUT year 1 - 5:");
    scanf("%d",&ye);
/***** OUTFILE1-NAME *****/
    if( NULL == (fp1 = fopen( "allfname.txt", "w" )))
    {
        printf("\n CANNOT OPEN OUTFILE : %s\n",file1);
        exit(1);
    }
    for( i = 0 ; i < 10 ; i++)
    {
        for( k = 0 ; k < 10 ; ++k)
        {
            fprintf(fp1,"K%d_0%d0%d.TDU\n",ye,i,k);
        }
        for( k = 10 ; k < 30 ; ++k)
        {
            fprintf(fp1,"K%d_0%d%d.TDU\n",ye,i,k);
        }
    }
    for( i = 10 ; i < 34 ; i++)
    {
        for( k = 0 ; k < 10 ; ++k)
        {
            fprintf(fp1,"K%d_%d0%d.TDU\n",ye,i,k);
        }
        for( k = 10 ; k < 30 ; ++k)
        {
            fprintf(fp1,"K%d_%d%d.TDU\n",ye,i,k);
        }
    }
    fclose(fp1);
/***** INFILE-NAME *****/
    /*printf("\n");
    printf(" INPUT READFILE-NAME :");
    scanf("%s",file0);*/
    if( NULL == (fp0 = fopen( "allfname.txt", "r" )))
    {
        printf("\n CANNOT OPEN INFILE : %s\n",file0);
        exit(1);
    }
/***** OUTFILE2-NAME *****/
    printf("\n");
    /*printf(" INPUT OUTFILE2-NAME :");

```

```

scanf("%s",file1);*/
if( NULL == (fp1 = fopen( "out1", "w" )))
{
    printf("%n CANNOT OPEN OUTFILE : %s\n",file1);
    exit(1);
}
/***** GCODE *****/
/*gnum = 0;
printf(" Input-GCODE %n");
printf(" If end of inputs, Input-GCODE with '10\n");
for(i =0 ; i < 20; i ++ )
{
    printf("%n");
    printf(" INPUT %dth-GCODE :",i+1);
    scanf("%d",&gcode[i]);
    if(gcode[i] == 10)
        break;
    gnum ++;
}*/
/*****
printf("%n");
printf(" INPUT (umax,vmax) : ");
scanf("%d%1s%d",&umax,dum,&vmax);
printf("%n");
printf(" INPUT (umin,vmin) : ");
scanf("%d%1s%d",&umin,dum,&vmin);
/***** INITIAL VALUE *****/
for( k = 0 ; k < 34 ; ++k)
{
    yoko[k] = 0;
}
for( k = 0 ; k < M ; ++k)
{
    for( j = 0 ; j < vmax - vmin + 1 ; ++j )
    {
        for( i = 0 ; i < N ; ++i )
        {
            luse[j][k][i] = 17;    /** luse[vcode][300][400] **/
        }
    }
}
/*****
for( j = 0 ; j < 395 ; ++j ) /***** tdk line is 395 *****/
{
/***** INFILE-NAME *****/
fgets(fname,12,fp0);
/*puts(fname);*/
if( NULL == (fp2 = fopen( fname, "r" )))
{
    /*printf("%n CANNOT OPEN INFILE : %s\n",fname);puts(fname);*/
    j --;
}
else{
    /*printf(" j = %d\n",j+1);*/
    fscanf(fp2,"%2d%2d%3d",&mcodeu,&mcodev,&line);
    if( mcodeu >= umin && mcodeu <= umax && mcodev >= vmin && mcodev <= vmax)
    {
        if(line == 1) {yoko[mcodeu] ++;}
        fprintf(fp1,"%d,%d,%d,",mcodeu,mcodev,line);
    }
}
}

```

```

fgets(dummy,801,fp2);
fprintf(fp1,"%s\n",dummy);
for(i = 0 ; i < M - 1 ; i ++ )
{
fscanf(fp2,"%2d%2d%3d",&mcodeu,&mcodev,&line);
fgets(dummy,801,fp2);
fprintf(fp1,"%d,%d,%d",mcodeu,mcodev,line);
fprintf(fp1,"%s\n",dummy);
}
}
else{
fgets(dummy,801,fp2);
for(i = 0 ; i < M - 1 ; i ++ )
{
fscanf(fp2,"%2d%2d%3d",&mcodeu,&mcodev,&line);
fgets(dummy,801,fp2);
}
}
fclose(fp2);
}
}
fclose(fp1);
/*****
if( NULL == (fp2 = fopen( "out1", "r" )))
{
printf("%n CANNOT OPEN OUTFILE %n");
exit(1);
}
if( NULL == (fp3 = fopen( "out.asc", "w" )))
{
printf("%n CANNOT OPEN OUTFILE %n");
exit(1);
}
/***** WRITE HEADER *****/
fprintf(fp3,"ncols %d\n",(vmax - vmin + 1) * N);
fprintf(fp3,"nrows %d\n",(umax - umin + 1) * M);
/***** Transverse projection *****/
xcor = -(umax * 3 +90) - 3)*1000 ; /** units meters **/
ycor = ( vmin * 4 - 120)*1000 ;
fprintf(fp3,"xllcorner %d\n",ycor);
fprintf(fp3,"yllcorner %d\n",xcor);
fprintf(fp3,"cellsize 10\n");
fprintf(fp3,"nodata_value 17\n");
/*****
mcodeu = umin;
for( k = 0 ; k < 34 ; ++k){
printf("yoko[%2d] = %2d\n",k+1,yoko[k]);
}
for( b = 0 ; b < umax - umin + 1 ; b++)
{
for( k = 0 ; k < yoko[mcodeu] ; ++k)
{
for(i = 0 ; i < M ; i ++ )
{
fscanf(fp2,"%d%1s%d%1s",&mcodeu,dum,&mcodev);
fscanf(fp2,"%1s%d%1s",dum,&line,dum);
for(j = 0 ; j < N ; j ++ )
{
fscanf(fp2,"%2d",&lu1);

```

```

        /*fscanf(fp2,"%5d",&gcodev);*/
        /*for( a = 0; a < gnum ; a++)
        {
            if(gcodev == gcode[a])*/
            luse[mcodev-vmin][line - 1][j] = lu1; /* lu1 - lu4,gcode */
        }
    }
}
mcodeu ++;
for( k = 0 ; k < M ; ++k)
{
    for( j = 0 ; j < vmax - vmin + 1 ; ++j )
    {
        for( i = 0 ; i < N ; ++i )
        {
            fprintf(fp3,"%d ",luse[j][k][i]);
            luse[j][k][i] = 17;
        }
    }
    fprintf(fp3,"%n");
}
}
fclose(fp2);
fclose(fp3);
}

```


付録 2

SCA 法プログラム

/****** SPACIAL CORRELATION ANALYSIS METHOD PROGRAM ******/

```

#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<math.h>
#define T 800
#define Y 600
#define H 30
main()
{
    char          file0[64],file1[64];
    char          c1[2],c2[2],c3[2],c4[2],c5[2],c6[2];
    unsigned long i,k,num;
    unsigned int  n,year,xa,ya,t,y,luse[3][T+1][Y+1];
    int           w,z,a,t1,h1,hval[T+1][Y+1];
    float         level,count[3][10],heikin[3][10];
    float         bunsan[3][10],corr,froot,ndata,bunsanx,slope;
    float         dumxx,dumyy,dumxy,sxx,syy[H][H],sxy[H][H];
    unsigned int  lunum,lunum2,mnum,judge;
    FILE         *fp0,*fp1;

    printf(" %nINPUT FILE-NAME :");
    scanf("%s",file0);

    printf(" %nINPUT NUMBER OF DATA :");
    scanf("%f",&ndata);

    printf(" %nINPUT  XX LANDUSE-CODE 0-3 :");
    scanf("%d",&lunum);

    printf(" %nINPUT  YY LANDUSE-CODE 0-3 :");
    scanf("%d",&lunum2);

    printf(" %nINPUT  MESH-NUMBER :");
    scanf("%d",&mnum);

    printf(" %nINPUT ANALYSIS YEAR %n S51 = 0 ,S62 = 1 ,H03 = 2 :");
    scanf("%d",&year);

    printf(" %nINPUT OUTFILE-NAME :");
    scanf("%s",file1);

    if( NULL == (fp0 = fopen( file0, "r" )))
    {
        printf("%n CANNOT OPEN INFILE : %s%n",file0);
        exit(1);
    }
    if( NULL == (fp1 = fopen( file1, "w" )))
    {
        printf("%n CANNOT OPEN OUTFILE : %s%n",file1);
        exit(1);
    }
}
/*****/
judge = 1;
a = 2 * mnum ;
for( i = 1 ; i < T + 1 ; ++i )
{
    for( k = 1 ; k < Y + 1 ; ++k )
    {

```

```

        for( n = 0 ; n < 3 ; ++n )
            luse[n][i][k] = 10 ;
    }
}
for( i = 0 ; i < 10 ; ++i )
{
    for( n = 0 ; n < 3 ; ++n )
        count[n][i] = 0 ;
}

for( z = 0 ; z < a + 1 ; ++z )
{
    for( w = 0 ; w < a + 1 ; ++w )
        {
            syy[w][z] = sxy[w][z] = 0;
        }
}
sxx = 0;
/***** READ *****/
for( i = 0 ; i < ndata ; ++i )
{
    fscanf(fp0,"%d%1s%d%1s%d%1s",&num,c1,&xa,c2,&ya,c3);
    fscanf(fp0,"%d%1s",&luse[0][xa][ya],c4);
    fscanf(fp0,"%d%1s",&luse[1][xa][ya],c5);
    fscanf(fp0,"%d%1s",&luse[2][xa][ya],c6);
    fscanf(fp0,"%f%1s",&level,c1);
    fscanf(fp0,"%f%1s%d",&slope,c2,&hval[xa][ya]);

    if(hval[xa][ya] != judge)
    {
        for( n = 0 ; n < 3 ; ++n )
        {
            switch(luse[n][xa][ya])
            {
                case 0:
                    count[n][0] ++; break;
                case 1:
                    count[n][1] ++; break;
                case 2:
                    count[n][2] ++; break;
                case 3:
                    count[n][3] ++; break;
                case 4:
                    count[n][4] ++; break;
                case 5:
                    count[n][5] ++; break;
                case 6:
                    count[n][6] ++; break;
                case 7:
                    count[n][7] ++; break;
                case 8:
                    count[n][8] ++; break;
                case 9:
                    count[n][9] ++; break;
                default:
                    printf("unrecognaized : %d,",luse[n][xa][ya]);
                    printf(" t : %d, y : %d\n",xa,ya);
            }
        }
    }
}

```


付録 3

GWR プログラム

```

/***** GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION *****/
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include <math.h>
#define N 10          /** ncol cannot calculation**/
#define M 60000      /** nrow **/
#define P 60000      /** sub dataset **/
#define D 30
#define LOG2 0.693147180559945309417232121458L
#define SQRT2 1.41421356237309504880168872421L
#define NN 9
#define PIVOTING 1  /*** 1:pivoting ; 0:no pivoting *****/
long double llog_cf(float dumaic)
{
    int ii, kk;
    long double ss;

    if(dumaic <= 0){
        fprintf(stderr, "llog_cf(AIC): dumaic <= 0/n");return 0;
    }
    frexp(dumaic / SQRT2, &kk);
    dumaic /= ldexp(1, kk);
    dumaic--; ss = 0;
    for( ii = NN; ii >= 1; ii --)
        ss = ii * dumaic / (2 + ii * dumaic / ( 2 * ii + 1 + ss ));
    return LOG2 * kk + dumaic / (1 + ss);
}

main()
{
    char          file0[64],file1[64],file2[64],file3[64],dum[8],dummy[5300];
    unsigned long xcor,ycor,allrow,number;
    float         sx[N][N],variy[P],varix[N][P],xx,yy,xaxis,yaxis,minv;
    float         sumy,sumx[N],avery,averx[N],bandw,calsx[N][N],nrowv[240][240];
    float         ncol,nrow,dumxs[N][N],dumscy[N],dumscy,dx,dy;
    float         coeff[N],dcoeff[N],dumx[N][M],dummy[M],dumaic,aicv;
    float         rsquare[240][240],aic[240][240],weight,sxyroot[N],pivosx[N][N];
    float         cvscore,aicscore,truey,truex[N],fitvy,fitaic,sxx,sxy,dumr;
    float         rangea,rangeb,x1,x2,fx1,fx2;
    float         f1,f2,ascoeff[N][240][240];
    double        p,d,max,dumyn;
    int           a,k,i,j,b,s,num,gcode,dist,aa,x,y,count,cal,q;
    int           xmax,ymax,xmin,ymin,jud,co,count2,nouti;
    int           endana,vmax,vmin,umax,umin,xv,yv;
    FILE          *fp0,*fp1,*fp2,*fp3,*fp[N+1];
/***** INFILE-NAME *****/
    printf("%n");
    printf(" INPUT INFILE-NAME out1?:");
    scanf("%s",file0);
    if( NULL == (fp0 = fopen( file0, "r" )))
    {
        printf("%n CANNOT OPEN INFILE : %s\n",file0);
        exit(1);
    }
/***** OUTFILE-NAME *****/
    printf("%n INPUT OUTFILE-NAME testout?:");
    scanf("%s",file1);
    if( NULL == (fp1 = fopen( file1, "w" )))
    {

```

```

printf("\n CANNOT OPEN OUTFILE : %s\n",file1);
exit(1);
}
printf("\n INPUT 2th-INFIL-NAME out2?:");
scanf("%s",file2);
if( NULL == (fp2 = fopen( file2, "r" )))
{
printf("\n CANNOT OPEN INFILE : %s\n",file2);
exit(1);
}
printf("\nINPUT bandwidth :");
scanf("%f",&bandw);
/*****/
printf("\n INPUT NUMBER OF independent variables : ");
scanf("%f",&ncol);
printf("\n");
printf("\n INPUT NUMBER OF NOUTI : ");
scanf("%d",&nouti);
printf("\n");
printf("\n INPUT filename for nrow : ");
scanf("%s",file3);
printf("\n");
nouti = nouti - 1;
num = ncol / 1;
allrow = 57313;
/*****INITIAL VALUE *****/
jud = 0;co = 0;count2 = 0; minv = 90000;
umax = 18; vmax = 24; umin = 11; vmin = 19;
endana = 0;
cvscore = 0;
f1 = (3 - sqrt(5)) / 2; f2 = (sqrt(5) - 1) / 2;
rangea = 0;
rangeb = bandw;
cal = 1;
x1 = rangea + f1 * ( rangeb - rangea );
x2 = rangea + f2 * ( rangeb - rangea );
printf("initial value x1,x2 =( %4.1f,%4.1f )\n",x1,x2);
bandw = x2;
for( x = 0 ; x < 240 ; x++ )
{
for( y = 0 ; y < 240 ; y++ )
{
rsquare[x][y] = 0; nrowv[x][y] = 0;
for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
ascoeff[i][x][y] = 0;
}
}
for( k = 0 ; k < P ; k++ )
{
dumy[k] = 200;
for( j = 0 ; j < ncol; j++ ) dumx[j][k] = 0;
}
/***** READING DATA *****/
for( k = 0 ; k < allrow ; k++ )
{
fscanf(fp0,"%d%1s%d%1s",&number,dum,&gcode,dum);
fscanf(fp0,"%f%1s%f%1s",&xaxis,dum,&yaxis,dum);
fscanf(fp0,"%f%1s",&dumy[number],dum);
for( j = 0 ; j < ncol ; j++ )

```

```

    {
        fscanf(fp0,"%f%1s",&dumx[j][number],dum);
    }
    fscanf(fp0,"%f",&dumx[j][number]);
}
fclose(fp0);
/***** SELECT DATA SET *****/
for( q = 0 ; q < 1000 ; q ++ )
{
    printf( "¶n rangea = %10.2f  rangeb = %10.2f  ¶n",rangea,rangeb);
    printf( "¶n q = %d  bandw = %10.3f  ¶n",q,bandw);
    count = 3000;
    for( aa = 0 ; aa < 18078; aa ++ )          /*18078*/
    {
        if( aa >= count)
        {
            printf("aa = %d¶n",aa);
            count += 3000;
        }
        fscanf(fp2,"%d%1s%f%1s%f",&number,dum,&xx,dum,&yy);
        xv = xx / 1;  yv = yy / 1; i = 0;
        for( j = 0 ; j < ncol ; j++ ) {
            sumx[j] = 0;
        }
        sumy = 0; truey = dummy[number];
        if( dumx[nouti][number] !=0 )
        {
            count2 ++;
            for( j = 0 ; j < ncol; j++ )
            {
                truex[j] = dumx[j][number];
            }
            xmin = xx - D ; xmax = xx + D ; ymin = yy - D ; ymax = yy + D ;
            if( xmin <= 0)      xmin = 0;
            if( xmax >= 240 )  xmax = 240;
            if( ymin <= 0)    ymin = 0;
            if( ymax >= 240 )  ymax = 240;
            for( x = xmin ; x < xmax + 1; x++ )
            {
                for( y = ymin ; y < ymax + 1; y++ )
                {
                    dist = (xx - x)*(xx - x) + (yy - y)*(yy - y);
                    if( dist != 0 || endana == 1 )
                    {
                        if(dist <= D*D && dummy[x + (y * 240)] != 200 && dumx[nouti][x + (y * 240)] !=0)
                        {
                            weight = exp( - dist / (bandw * bandw));
                            varyi[i] = weight * dummy[x + (y * 240)];
                            sumy += varyi[i];
                            for( j = 0 ; j < ncol; j++ )
                            {
                                varix[j][i] = weight * dumx[j][x + (y * 240)];
                                sumx[j] += varix[j][i];
                            }
                            i++;
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
}

```

```

nrow = i;
nrowv[xv][yv] = nrow;
if( nrow < minv ){
    printf("%10.3f\n",nrow);
    minv = nrow;
}
fprintf(fp1,"%10.3f\n",nrow);
/***** AVERAGE *****/
avery = sumy / nrow;          /** indicate y-variable **/
for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
{
    averx[i] = sumx[i] / nrow;  /** indicate x-variable **/
}
/***** SXX *****/
for( k = 0 ; k < ncol ; k++ )
{
    for( j = 0 ; j < ncol ; j++ )
    {
        dumsx[k][j] = 0;
    }
}
for( k = 0 ; k < ncol ; k++ )
{
    for( i = 0 ; i < nrow ; i++ )
    {
        for( j = 0 ; j < ncol ; j++ )
        {
            dumsx[k][j] += (varix[k][i] - averx[k])*(varix[j][i] - averx[j]);
        }
    }
}
for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
{
    for( j = 0 ; j < ncol ; j++ )
    {
        sx[j][i] = dumsx[j][i] / nrow;
    }
}
/***** SYY & SXY *****/
dumsyy = 0;
for( j = 0 ; j < ncol ; j++ )
{
    dumsxy[j] = 0;
}
for( i = 0 ; i < nrow ; i++ )
{
    dumsyy += ( varyi[i] - avery)*(varyi[i] - avery);
}
for( i = 0 ; i < nrow ; i++ )
{
    for( j = 0 ; j < ncol ; j++ )
    {
        dumsxy[j] += ( varyi[i] - avery)*(varix[j][i] - averx[j]);
    }
}
for( j = 0 ; j < ncol ; j++ )
{
    sx[j][num] = dumsxy[j] / nrow;
    sx[num][j] = dumsxy[j] / nrow;
}

```

```

    }
    sx[num][num] = dumsy / nrow;
    /***** FOR STANDARD *****/
    for( i = 0 ; i < ncol + 1 ; i ++ ){
        for( j = 0 ; j < ncol + 1 ; j ++ )
            calsx[i][j] = sx[i][j];
    }
    /***** REGRESSION ANALYSIS *****/
    #if PIVOTING == 0
        for( i = 0 ; i < ncol ; i ++ )
        {
            sxx = sx[i][i];
            for( j = 0 ; j < ncol + 1 ; j ++ )
            {
                sx[i][j] = sx[i][j] / sxx;
            }
            for( j = 0 ; j < ncol + 1 ; j ++ )
            {
                if( j != i )
                {
                    sxy = sx[j][i];
                    for( k = 0 ; k < ncol + 1 ; k ++ ){
                        sx[j][k] = sx[j][k] - sxy * sx[i][k];
                    }
                }
            }
        }
        for( i = 0 ; i < ncol ; i ++ )
            dcoefficient[i] = sx[i][num];
    /*****
    #elif PIVOTING == 1
        for( i = 0 ; i < ncol + 1 ; i ++ ){
            for( j = 0 ; j < ncol + 1 ; j ++ )
                pivosx[i][j] = calsx[i][j];
        }
        for( k=0 ; k < num ; k ++ )
        {
            max = 0 ; s = k;
            for( j = k ; j < num ; j ++ )
            {
                if( fabs(pivosx[j][k]) > max ){
                    max = fabs(pivosx[j][k]); s = j;
                }
            }
            if( max == 0 ){
                jud = 1; co ++; break;
            }
            for( j = 0 ; j <= num + 1 ; j ++ )
            {
                dumyn = pivosx[k][j];
                pivosx[k][j] = pivosx[s][j];
                pivosx[s][j] = dumyn;
            }
            p = pivosx[k][k];
            for( j = k ; j < num+1 ; j ++ )
                pivosx[k][j] = pivosx[k][j] / p;
            for( i = 0 ; i < num ; i ++ )
            {
                if( i != k ){

```

```

                d = pivosx[i][k];
                for( j = k ; j < num + 1 ; j++ )
                    pivosx[i][j] = pivosx[i][j] - d * pivosx[k][j];
            }
        }
    }
}
if( jud == 1)
{
    jud = 0;
    for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
    {
        dcoeff[i] = 0;
        truey = 0; avery = 0;
    }
}
else
{
    for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
        dcoeff[i] = pivosx[i][num];
}
/*****
#endif
/***** coefficient *****/
for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
{
    sxyroot[i] = sqrt(calsx[i][i] / calsx[num][num]);
    coeff[i] = dcoeff[i] * sxyroot[i];
}
if( endana == 1)
{
    dumr = 0;
    for( i = 0 ; i < ncol ; i++ ) {
        dumr += calsx[num][i] * dcoeff[i];
    }
    rsquare[xv][yv] = dumr / calsx[num][num];
}
if( endana == 1 )
{
    for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
    {
        ascoeff[i][xv][yv] = coeff[i];
    }
}
/***** CV SCORE *****/
fitvy = 0;
for( i = 0 ; i < ncol ; i++ ) {
    fitvy += (truex[i] - averx[i]) * dcoeff[i];
}
cvscore += (truey - avery - fitvy)*(truey - avery - fitvy);
/***** AIC *****/
if( endana == 1)
{
    fitaic = 0;
    aicscore = 0;
    for( i = 0 ; i < nrow ; i ++ ){
        for( j = 0 ; j < ncol ; j++ ) {
            fitaic += (varix[j][i] - averx[j]) * dcoeff[j];
        }
        aicscore += (variyl[i] - avery - fitaic)*(variyl[i] - avery - fitaic);
    }
}

```

```

    }
    dumaic = aicscore / nrow ;
    aicv = llog_cf(dumaic);
    aic[xv][yv] = nrow * aicv + 2 * ncol ;
    }
}
/*****
}
printf("count2 = %d\n",count2);count2 = 0;
printf("CV-SCORE = %10.3f  \n",cvscore);
/***** golden section reserch *****/
if( q == 0) /***** initial roop *****/
{
    fx2 = cvscore;
    bandw = x1;
}
else
{
    if( cal == 1 ) fx1 = cvscore;
    if( cal == 2 ) fx2 = cvscore;
    fprintf(fp1,"%10.3f,%10.3f\n",bandw,cvscore);
    printf("x2 - x1 =%8.2f\n",sqrt((x2 - x1) * (x2 - x1)));
    if(endana == 1)
    {
        for( y = 0 ; y < 240 ; y++)
        {
            for( x = 0 ; x < 240 ; x ++ )
            {
                fprintf(fp3,"%15.3f",nrowv[x][y]);
                for( i = 0 ; i < ncol ; i++)
                {
                    fprintf(fp[i],"%7.3f",ascoeff[i][x][y]);
                    fprintf(fp[i],"%5.3f",rsquare[x][y]);
                    fprintf(fp[i+1],"%15.3f",aic[x][y]);
                }
            }
            for( i = 0 ; i < ncol ; i++ )
                fclose(fp[i]);
            break;
        }
    }
/*****
if(sqrt((x2 - x1) * (x2 - x1)) < 100.0)
{
    endana = 1;
    if( cal = 1 )
    {
        if( fx1 > fx2 ) bandw = x2;
    }
    if( cal = 2 )
    {
        if( fx1 < fx2 ) bandw = x1;
    }
}
/*****
if( endana == 1)
{
    printf("end of analysis\n");
    xcor = -(umax * 3 + 90) * 1000 ; /** units meters **/
    ycor = (( vmin + 1 ) * 4 - 120 ) * 1000 ;
    for( i = 0 ; i < ncol + 1 ; i++)

```

```

    {
    if( i < num){
        printf("%n INPUT %dth OUTFILE-NAME :",i + 1);
        scanf("%s",file0);
    }
else
    {
        printf("%n INPUT OUTFILE-NAME for R2:");
        scanf("%s",file0);
    }
if( NULL == (fp[i] = fopen( file0, "w" )))
    {
        printf("%n CANNOT OPEN INFILE : %s\n",file0);
        exit(1);
    }
    fprintf(fp[i],"ncols %d\n",(vmax - vmin + 1) * 40);
    fprintf(fp[i],"nrows %d\n",(umax - umin + 1) * 30);
    fprintf(fp[i],"xllcorner %d\n",ycor);
    fprintf(fp[i],"yllcorner %d\n",xcor);
    fprintf(fp[i],"cellsize 100\n");
    }
printf("%n INPUT OUTFILE-NAME for AIC:");
scanf("%s",file0);
if( NULL == (fp[i] = fopen( file0, "w" )))
    {
        printf("%n CANNOT OPEN INFILE : %s\n",file0);
        exit(1);
    }
    fprintf(fp[i],"ncols %d\n",(vmax - vmin + 1) * 40);
    fprintf(fp[i],"nrows %d\n",(umax - umin + 1) * 30);
    fprintf(fp[i],"xllcorner %d\n",ycor);
    fprintf(fp[i],"yllcorner %d\n",xcor);
    fprintf(fp[i],"cellsize 100\n");
if( NULL == (fp3 = fopen( file3, "w" )))
    {
        printf("%n CANNOT OPEN INFILE : nrow.asc\n");
        exit(1);
    }
    fprintf(fp3,"ncols %d\n",(vmax - vmin + 1) * 40);
    fprintf(fp3,"nrows %d\n",(umax - umin + 1) * 30);
    fprintf(fp3,"xllcorner %d\n",ycor);
    fprintf(fp3,"yllcorner %d\n",xcor);
    fprintf(fp3,"cellsize 100\n");
    }
else
    {
    if( fx1 < fx2 )
        {
        rangeb = x2;
        x2 = x1;
        x1 = rangea + f1 * ( rangeb - rangea );
        bandw = x1;
        cal = 1;
        fx2 = cvscore;
        }
    else
        {
        rangea = x1;
        x1 = x2;

```

```

        x2 = rangea + f2 * ( rangeb - rangea );
        bandw = x2;
        cal = 2;
        fx1 = cvscore;
    }
    printf("x1,x2 =( %4.1f,%4.1f )\n",x1,x2);
}
}
rewind(fp2);
cvscore = 0;
printf("nodata count = %d\n",co);
co = 0;
}
/*****/
fclose(fp1);
fclose(fp2);
}

```