

広域行政圏単位の土地利用変化の分析とその予測モデルの構築

(研究課題番号 : 12460104)

平成 12 年度から 14 年度
科学研究費補助金 (基盤研究(B)(1))
研究成果報告書

平成 15 年 3 月

研究代表者 小 林 慎 太 郎

(京都大学大学院地球環境学堂)

京 都 大 学 図 書



9810056364

附 属 図 書 館

広域行政圏単位の土地利用変化の分析とその予測モデルの構築

(研究課題番号 : 12460104)

平成 12 年度～14 年度
科学研究費補助 基盤研究(B) (1)
研究成果報告書

平成 15 年 3 月

研究代表者 小 林 慎 太 郎

(京都大学大学院地球環境学堂)

序

戦後 50 年間のわが国の国土利用を顧みると、そこには戦後復興期、高度経済成長期、バブル経済の成長とその崩壊期、そしてそれに続く新たな安定成長への模索期と、目まぐるしく変遷してきた社会経済活動の下で大きく移り変わってきた国土の姿がある。すなわち、わが国の土地利用は、37.8 万 km^2 の国土の約 7 割を占める林地域を除いた極めて狭小な空間に 1 億 2,500 万人もの人びとが様々な活動を展開し、その変遷と共に移り変わってきた。土地利用を問題とする視点には大きく分けて二つある。一つは、土地利用が地域環境形成の基本であり、人びとが豊かな地域環境の下で生活していくには秩序ある土地利用の展開が大前提となるという視点である。他の一つは、熱帯林の伐採等にみられる緑地の急激な減少が、地球の全生命体の存亡に関わる事態をもたらしてきたという、今日的課題に対する地球規模での環境保全からの視点である。わが国では、主として前者の視点からの土地利用問題が重要であるが、後者の課題についても常に視野に入れて対峙しなければならない。このためには、まずわが国の土地利用の変遷について科学的に分析し、次いでこれを予測するモデルを開発することが、両視点からの土地利用問題解決に必須である。

わが国では、国土の空間情報及び人間活動に関する様々なデータがセンサスや各種産業統計として整備され、こうした土地利用研究の環境が整ってきた。しかし、未だわが国全体の土地利用の状況を具に分析した事例はなく、土地利用に関わる問題も概念としては知られているが、定量的な分析を踏まえた系統的整理は行われていない。このような背景下で、まず現在利用可能な土地利用を巡る各種最新情報の整理・分析を行い、わが国の土地利用変化の実態を明らかにすることが必要である。さらに、その分析を踏まえて土地利用変化を予測するモデルを開発し、ローカルにもグローバルにも対応できる土地利用管理のための意思決定支援ツールとして役立てることが要求され、本研究ではこの 2 点に目的をおいている。

土地利用問題を扱うとき、どの空間単位で土地利用を論ずるかが重要である。国土構造を踏まえた空間計画を意識してわが国全体の土地利用を考える場合には、空間単位として市町村は小さすぎ、都道府県では大きすぎる。今日の国土発展目標の枢軸といえる「多極分散型の国土形成」や「循環型社会の形成」を念頭におけば、広域行政圏（広域市町村圏および大都市周辺広域行政圏）を単位とした土地利用を対象とする

のが最適であると考えられる。本研究では、わが国の広域行政圏ごとの土地利用を分析・評価してその類型化を図ると共に、土地利用変化の構造、要因を明らかにして土地利用モデルを構築することが期待される。そして、これによってこれからの国土・地域計画の枠組み検討に際して有益な情報およびツールを提供することができ、この点に本研究の大きな意義がある。

ドイツ、オランダを中心とする西欧諸国では、空間計画を基軸とした国土・地域計画を策定し、調和のとれた土地利用が展開されている。そして、これに関連した調査研究も数多くなされていてわが国でも学ぶべきところは多い。しかし、わが国の自然・社会・経済環境の下では、西欧型計画体系をそのままの形で適用するには自ずから限界があり、わが国独自の調査研究が必要である。また、近年の土地利用研究の世界的動向として、地球環境保全に関連したグローバルな土地利用変化の分析およびモデリングに関する研究が趨勢であるが、本研究はこうした世界的研究の流れに沿ってわが国独自の土地利用モデルを提示していくことに力点をおくものである。

本研究の結果の詳細は第1章から第6章まで分担研究毎にまとめられているが、この3年間の研究成果の概要を年度別に表し、序文とする。

平成12年度研究成果

1. 広域圏単位の土地利用データベースを構築し、土地利用状況と地域構造の分析に基づいて広域行政圏の類型化を行った。今後、この類型化に基づいて、広域行政圏単位の土地利用変化モデリングを進めていく。
2. わが国の3大都市圏で整備されている細密数値情報を用いて、ゾーニングと土地利用変化の関係等、詳細な土地利用変化分析を行うと共に、土地利用変化モデリングのための基本的枠組み整理を行った。
3. 土地利用、自然的条件、農業センサス等の統計データを市町村単位に編集して全国データベースを構築し、このデータベースを用いて全国の農地分布の要因分析を行った。分析では、市町村レベルと県レベルの2段階の階層的な要因構造を仮定し、マルチレベルモデルを適用した。市町村レベルの要因では、自然的条件、農業経営指標、都市化指標がそれぞれ農地分布を決定する有意な要因と認められたが、そのような要因の作用力は、県レベルの特性（地方労働市場の展開度、農業投資水準、農協の組織力）に依存していることが確認された。

4. 農地利用がどのような要因によって変化し、その変化がどのようなメカニズムによって生じているかを明らかにするため、農地の農業外への利用転換（たとえば農地の工業用地への転換）と農地の農業内での利用転換（たとえば水田から畑への転換）の二つに分け、利用転換のメカニズムをシステム・ダイナミックス・モデルによってモデル化した。

5. 土地利用変化と社会・経済条件の関係をみるために、市町村間通勤行列および市町村別業種別従業者数(1960, 1975, 1990 年)に関するデータベース整備を進めた。具体的事例として香川県の土地利用を重点的に分析することとし、H12 年度はとくに香川県の土地利用上重要な要素となる溜池データの整備を重点的に行った。

平成 13 年度研究成果

1. 土地利用データベースについては、前年度に引き続き、広域行政圏単位の土地利用データ整備を進めたほか、香川県の土地利用モデルの構築を目的として土地利用（100m メッシュ）、地形（標高・傾斜 50m メッシュ）、地質（ポリゴン）、人口（1km メッシュ）、農業集落カード（ポイント）等を GIS データベースとして整備し、三次元空間解析による地域の自然立地条件把握に資するシステムを開発した。

2. 土地利用変化分析については、市町村～県の 2 階層データに対してマルチレベルモデルを適用し、市町村別の農地面積率の変化量(1975-90)を目的変数にとって、農地動態のドライビング・フォースを明らかにした。前年度に実施した農地分布モデルの場合と比較すると、自然立地条件および経営指標（営農類型）の係数の符号が逆転しており、その作用が大きく異なっている点を明らかにした。また、大都市圏周辺域の土地利用変化については、10m メッシュの細密数値情報データを利用して 3 大都市圏の土地利用変化の特徴を抽出するなど、詳細な土地利用変化分析を行った。

3. 土地利用変化予測モデリングについては、中国無錫市周辺地域を対象にして、リモートセンシングデータを用いた画像解析により土地利用変化を定量的に捉えらるるとともに、その変化をもたらした要因を明らかにした。さらに、これらの計測結果と要因分析に基づいて土地利用変化に関するダイナミック・システム・モデルの構築を試みた。また、新しい試みとして、細密数値情報を利用した生態学的モデルによる土地利用変化予測モデルの適用性について検討を加えた。

平成 14 年度研究成果

1. 国土数値情報の 1/10 細分区画土地利用データを用いて、香川県における 1987 年から 1997 年の宅地化の構造を説明するモデルを二項ロジットモデルで構築した。説明変数としては、地形、地質、期首の人口、期首の土地利用に関する指標を用いて研究を進めた結果、宅地化はこれらの指標により比較的良い精度で推計可能であること、また期首の土地利用が重要な要因となっていることが明らかとなった。
2. マルチレベル・モデリング・アプローチによって、単層モデルよりも少数の指標から精度のより高いモデルを構築できるだけでなく、単層モデルでは捨象された地域特性を汲み上げることに成功した。農協のリーダーシップ、労働市場の展開水準、農業投資の水準、農村コミュニティの紐帯の強さなどの地域的要因が上位レベルから農地分布を規定している点が明らかになった。
3. 台湾南部における灌漑プロジェクト地域を対象にして、リモートセンシングデータを用いた画像解析を行い、土地利用変化を定量的に捉えるとともに、その変化をもたらした要因を明らかにした。さらに、これらの計測結果と要因分析に基づいて農地利用の変化を、農業内での土地利用変化と他用途への転用の二つに分けて捉え、それぞれに関するダイナミック・システム・モデルの構築を試みた。
4. 広域行政圏単位の土地利用変化分析結果を集大成した。
5. これまでの 3 年間の研究成果を本最終報告書としてとりまとめた。

〔研究組織〕

研究代表者	小林 慎太郎	(京都大学大学院地球環境学堂 教授)
研究分担者	森 義昭	(京都大学学術情報メディアセンター 助教授)
〃	水野 啓	(京都大学大学院地球環境学堂 助手)
〃	西前 出	(京都大学大学院地球環境学堂 助手)
〃	星野 敏	(神戸大学農学部 助教授)
〃	守田 秀則	(香川大学工学部 助手)

〔研究経費〕

平成 12 年度	10, 100 千円
平成 13 年度	1, 400 千円
平成 14 年度	1, 100 千円
計	12, 600 千円

〔研究発表〕

- Yoshiaki Mori, Kiyoshi Torii, Koichi Onari, Zengmin Ji, Shimou Yao (2001): Investigation on the Reallocation of the Town Core in the Chingjian Delta Using Satellite Images, Proc. of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, pp.1501-1506
- Kiyoshi Torii, Yoshiaki Mori, Zengmin Ji, Yohei Sato, Kuninobu Otsubo, Shimou Yao (2001): Observing the Expansion of the Built-up Areas of Regional Capital Cities in Yangtze River Delta by Satellite Images, Proc. of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, pp.1140-1147
- Dae Sik Kim, Kei Mizuno, Shintaro Kobayashi (2002): Analysis of Land-use Change System Using the Species Competition Concept, Landscape and Urban Planning, 58, pp.181-200
- Izuru Saizen, Kei Mizuno, Shintaro Kobayashi (2002): Effects of land-use master plans in the metropolitan fringe of Japan. 4th International Workshop on Sustainable Land Use Planning, Wageningen, (CD-ROM)
- Dae Sik Kim, Kei Mizuno, Shintaro Kobayashi (2003), Modeling Urbanization by Accessibility in Rapid-Growth Areas, Journal of Urban Planning and Development, Vol. 129, No. 1, 2003, pp.45-63

目 次

第1章 広域行政圏の概要と地域階層としての特性.....	- 1 -
1.1 はじめに.....	- 1 -
1.2 広域行政圏の基本属性.....	- 1 -
1.3 階層分散分析による広域市町村圏の特性評価.....	- 4 -
1.4 分析手法.....	- 4 -
1.5 分析結果と考察.....	- 6 -
1.5.1 社会・経済的指標.....	- 6 -
1.5.2 空間的指標.....	- 11 -
1.6 おわりに.....	- 12 -
第2章 広域市町村圏の土地利用変化.....	- 13 -
2.1 はじめに.....	- 13 -
2.2 データベースの構築.....	- 13 -
2.2.1 広域圏の設定.....	- 13 -
2.2.2 データベースの概要.....	- 15 -
2.2.3 土地利用区分.....	- 17 -
2.3 広域圏の土地利用特性.....	- 17 -
2.3.1 広域圏の土地利用分布.....	- 17 -
2.3.2 広域圏の土地利用変化.....	- 23 -
第3章 マルチレベルモデルを用いた土地利用分布の要因分析	
—日本全国の農地分布を対象として—.....	- 27 -
3.1 はじめに —階層的な要因構造とマルチレベルモデルの適用—.....	- 27 -
3.2 農地面積を規定する要因の検討.....	- 28 -
3.2.1 農地面積を規定する要因の階層構造.....	- 28 -
3.2.2 分析の枠組み.....	- 29 -
3.3 対象地域とデータの構造.....	- 29 -
3.4 土地利用要因についての予備的考察.....	- 30 -

3.4.1	地形条件に対する前処理	- 30 -
3.4.2	農業経営レベルの要因	- 30 -
3.4.3	都市化要因に対する予察	- 32 -
3.5	単層モデルによる分析	- 33 -
3.5.1	分析の枠組み	- 33 -
3.5.2	単層モデルの結果	- 33 -
3.5.3	考察—単層モデルの問題点—	- 35 -
3.6	マルチレベルモデルによる分析	- 35 -
3.6.1	マルチレベルモデルについて	- 35 -
3.6.2	マルチレベルモデルの適用結果	- 36 -
3.7	Uij と県レベルの社会経済的要因との関連性	- 39 -
3.7.1	地形条件の残差項	- 40 -
3.7.2	経営規模の残差項	- 40 -
3.7.3	水田率の残差項	- 40 -
3.8	総括	- 41 -
3.8.1	マルチレベルモデルを適用する意義	- 41 -
3.8.2	日本における農地規定要因	- 41 -
第4章	1/10 細分区画土地利用データを用いた香川県の宅地化モデル	- 43 -
4.1	はじめに	- 43 -
4.2	研究方法	- 43 -
4.2.1	データ	- 43 -
4.2.2	方法	- 47 -
4.3	分析結果	- 48 -
4.3.1	香川県の土地利用変化の概況	- 48 -
4.3.2	地形条件と宅地化の関係	- 53 -
4.3.3	地質条件と宅地化の関係	- 54 -
4.3.4	期首の人口分布と宅地化の関係	- 57 -
4.3.5	期首の土地利用と宅地化の関係	- 61 -
4.3.6	全説明変数を用いた分析	- 71 -

4.4 おわりに.....	- 77 -
第5章 台湾南部の広域灌漑プロジェクト地域における土地利用変化に関する分析.....	- 78 -
5.1 はじめに.....	- 78 -
5.2 嘉南灌漑プロジェクトとその農業への影響.....	- 79 -
5.3 データと方法.....	- 81 -
5.3.1 分析対象地域.....	- 82 -
5.3.2 データ.....	- 82 -
5.3.3 分析プロセス.....	- 83 -
5.3.4 分析結果.....	- 83 -
5.4 農地利用変化に対するシステム・ダイナミック・モデルの適用.....	- 85 -
5.5 結語.....	- 87 -
第6章 広域市町村圏の空間特性を考慮した土地利用モデルの構築.....	- 88 -
6.1 はじめに.....	- 88 -
6.2 広域圏データベースの構築.....	- 89 -
6.3 分析手法.....	- 91 -
6.4 分析結果.....	- 93 -
6.5 結論.....	- 98 -
資料.....	- 100 -

第1章 広域行政圏の概要と地域階層としての特性

京都大学大学院地球環境学堂

水野 啓

1.1 はじめに

広域行政圏は、都市機能を供する中心都市とその影響圏である農村地域を一体化し、通勤・通学等のいわゆる日常生活圏にほぼ合致する圏域として設定されたものである。このため、広域行政圏は地方行政の効率化と併せて、わが国の地域計画、とくに土地利用計画や交通計画の策定において重要な意味を持つ地域単位であると考えられる。

高度成長期以降、わが国では都市部への経済活動集中と中山間地域農村の過疎化という地域偏在型の発展が進んだ。一方で、近年の経済停滞によって地方都市の活力低下のみならず大都市圏の地価下落までもが進行し、市場に委ねられた都市とその周辺の土地利用は混乱を極めていいる。さらに、財政の逼迫から地方行政の効率化推進が余儀なくされ、全国で市町村合併の議論が盛んに行われているが、その多くは単に行政の事業効率の観点から、あるいは政治的背景や住民感情などに偏重した判断を招きかねない。こうした状況の中で、将来にわたって安定的な地域構造を模索する手がかりとして、広域行政圏を単位とした地域デザイン技術を考究することの意義は大きい。本研究プロジェクトの主眼である「広域行政圏単位の土地利用変化分析とその予測」は、そのための重要な基礎的知見をもたらすものと位置づけられる。

本章では、広域行政圏の成立過程とその現状をレビューするとともに、統計的手法(階層分散分析)を用いて、わが国の地域階層における広域行政圏の位置づけを明らかにし、土地利用分析における空間単位としての広域行政圏の特性を示す。

1.2 広域行政圏の基本属性

広域行政圏発足の端緒は、自治省(当時)により1969年に設定された広域市町村圏である。その後1977年から大都市周辺地域広域行政圏の設定が行われ、1991年より両者を広域行政圏と総称している。

広域市町村圏とは、圏域人口が概ね10万人以上で、一定の要件を具備した日常生活圏を形成し、または形成する可能性を有すると認められる圏域である。また、大都市周辺広域行政圏とは、圏域人口が概ね40万人程度の規模を有すること、地理的歴史

的又は行政的に一体と認められること等の要件を具備した圏域のことをいう。

2001年4月現在の広域行政圏の設定状況は表1.1のとおりである。また、全国の広域行政圏の人口及び面積の規模別分布を図1.1、図1.2にそれぞれ示す。人口規模では20万人以下の広域市町村圏が全体の6割、50万人以下で9割を占める。大都市圏も含めた平均人口規模は約30万人である。一方、面積規模では全圏域数の5割が200～800km²の範囲に分布しており、1,800km²以下の広域市町村圏は9割を占める。北海道を除く広域市町村圏の平均面積は約800km²となっている。

広域行政圏、とくに広域市町村圏は、通勤・通学や買い物等の日常行動圏域として地方生活圏の性格を有するとともに、市町村行政の効率化においても重要な役割を果たしている。多くの広域市町村圏において、消防やごみ・し尿処理などの行政事務の広域運営が行われ、また近年では介護保険制度の実施に伴ってその事務処理や施設の相互利用を広域市町村圏単位で行う自治体も増えている。

こうした行政上の市町村間連携の枠組みは広域行政機構と呼ばれ、2001年4月現在で表1.2のような形態で実施されている。2002年には、地方行政改革の一環として総務庁自治行政局より「広域行政圏計画策定要綱」が発表され、市町村合併を視野に入れた圏域の見直しや広域行政機構の強化を推進した上で、基本構想、基本計画ならびに実施計画からなる広域行政圏計画の策定指針を定めている（資料1）。

表 1.1 広域行政圏の状況（2001年4月現在）

区 分	カッコ内は全国総数に対する比率(%)			
	圏域数	市区町村数	人口（千人）	面積（km ² ）
広域行政圏	363	3,140 (96.6)	93,023 (73.8)	363,164 (97.7)
広域市町村圏	338	2,917 (89.8)	70,241 (55.7)	352,656 (94.9)
大都市周辺地域広域行政圏	25	223 (6.9)	22,782 (18.1)	10,508 (2.8)
全国計	-	3,249	126,071	371,749
(平均規模)				
広域行政圏		9	256	1,000
広域市町村圏		9	207	1,043
大都市周辺地域広域行政圏		9	911	420

人口は2001年3月末住民基本台帳人口による。

面積は全国都道府県市区町村別面積調（2000年10月現在）による。

出典：総務省自治行政局

表 1.2 広域行政機構の現況 (2001 年 4 月現在)

広域行政圏区分		広域行政実施形態	
広域市町村圏	338 圏域	広域連合	34
		一部事務組合	220
		協議会	84
大都市周辺地域広域行政圏	25 圏域	協議会	25

一部事務組合は地方自治法第 285 条に規定する「複合的一部事務組合」(相互に関連する複数の事務を共同処理するための市町村の一部事務組合)を含む。
出典：総務省自治行政局

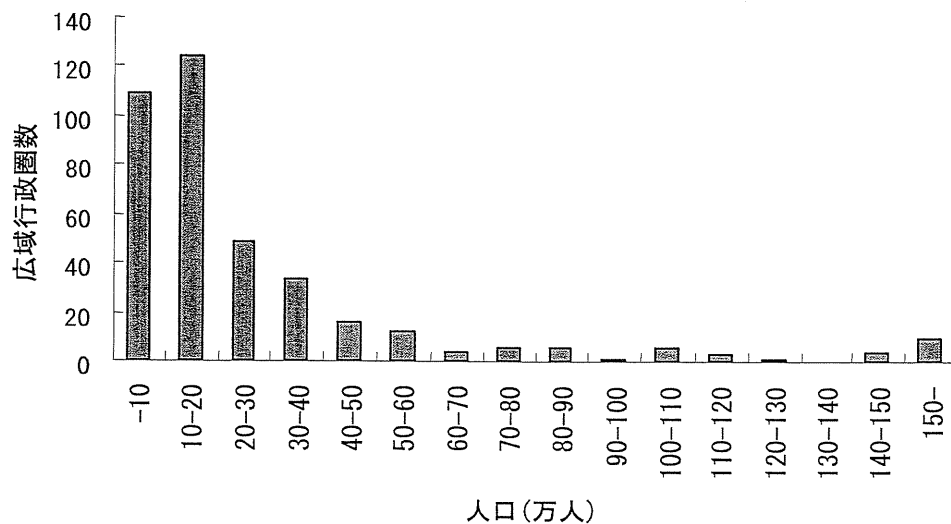


図 1.1 広域行政圏の人口規模

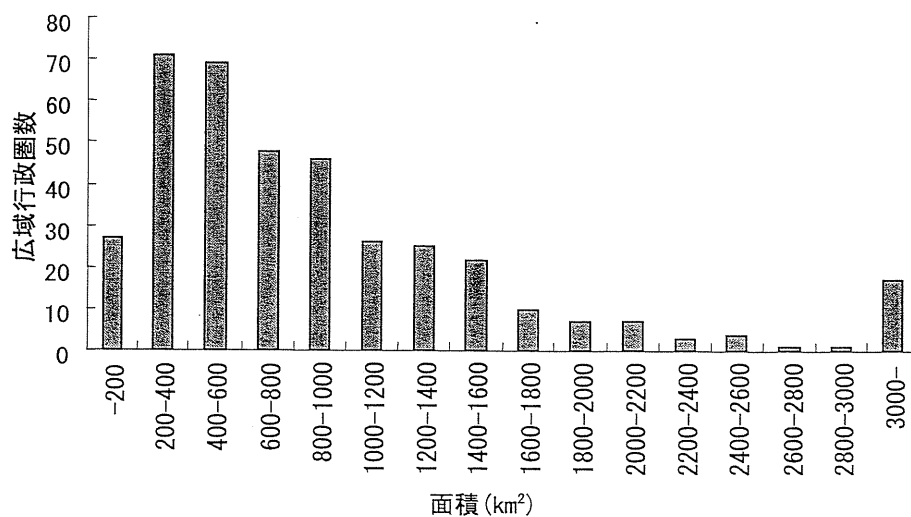


図 1.2 広域行政圏の面積規模

1.3 階層分散分析による広域市町村圏の特性評価

各種統計資料を用いた地域分析にあたっては、対象とする事象に応じた適切な空間スケール（地域階層）の選択、いわゆる scaling の問題が重要となる。とくに土地利用分析、すなわち土地利用変化モデルや予測モデルの構築にあたっては、土地利用構造の規定要因や土地利用変化の説明要因となる社会・経済的変数や自然立地的変数が、地域階層によって大きく異なる変動（分散）を示すことから、分析の空間スケールはモデルの性格を大きく左右する。

本研究で着目する広域市町村圏は、ほぼ日常生活圏に相当する地域階層であり、通勤・通学や買い物等の行動圏域を内包している空間単位である。このことから、人間活動の直接的投影である土地利用を分析・予測する空間単位として、全国あるいは地方レベルで地域間の差異を検証する上では極めて重要な意味を持つと考えられる。これまでの分析から、データ単位の異なるモデル間で選択変数（有意な説明変数）に差があることが判明している。これは、分析単位のとり方によって各指標のサンプル間変動が異なることが一因であると考えられる。

以下では、市町村、広域市町村圏、都道府県の3つの地域スケールで供される各種統計値について、階層分散（scale-variance component, 以下 SVC）の手法を用いて分析し、地域階層としての広域市町村圏の特性を把握するとともに、土地利用モデルに適した階層を検討する。

1.4 分析手法

階層分散とは、Moellering et al (1972)が提唱した、階層構造を有する地域データにおけるスケールの効果を調べるための分散分析の一手法である。すなわち、各地域階層（scale level, 以下 SL）でのデータの多様性を、分散を指標として測定し、異なる SL 間での比較を行うものである。ここで、全国（SL=0）、都道府県（SL=1）、広域市町村圏（SL=2）、市町村（SL=3）の4階層を考慮した場合、SL=1~3 における SVC はそれぞれ下式により求められる。

$$SVC(1) = \frac{\sum_{i=1}^I (\bar{X}_{i..} - \bar{X}_{...})^2}{I-1} \quad \dots\dots (1.1)$$

$$SVC(2) = \frac{\sum_i \sum_j^{J_i} (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{i..})^2}{\sum_i (J_i - 1)} \quad (1.2)$$

$$= \frac{\sum_i \sum_j^{J_i} (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{...})^2}{J - I}$$

$$SVC(3) = \frac{\sum_i \sum_j^{J_i} \sum_k^{K_{ij}} (X_{ijk} - \bar{X}_{ij.})^2}{\sum_i \sum_j^{J_i} (K_{ij} - 1)} \quad (1.3)$$

$$= \frac{\sum_i \sum_j^{J_i} \sum_k^{K_{ij}} (X_{ijk} - \bar{X}_{...})^2}{K - J}$$

ただし, X_{ijk} : i 都道府県 j 広域圏 k 市町村の変数値 (市町村値)

$\bar{X}_{ij.}$: i 都道府県 j 広域圏の市町村値の平均

$\bar{X}_{i..}$: i 都道府県の市町村値の平均

$\bar{X}_{...}$: 全国の市町村値の平均

I : 都道府県数

J_i : i 都道府県内の広域圏数

K_{ij} : i 都道府県 j 広域圏内の市町村数

$J(\equiv \sum_i J_i)$: 全国の広域圏数

$K(\equiv \sum_i \sum_j^{J_i} K_{ij})$: 全国の市町村数

(1.1)~(1.3)式からわかるように、各階層における SVC は、当該階層における市町村値平均値の、一つ上位の階層における市町村値平均値に対する分散の総和を表している。

岡本ら(1983)はこの手法を用い、北海道を対象に農業集落カードの諸項目を支庁・市町村・農業集落の3階層で分析し、地域統計分析におけるスケール選択の判断資料としての SVC の有用性を指摘している。

本章では、市町村単位の各種統計資料から広域市町村圏及び都道府県単位に集計したデータベースから、地域特性の把握に重要であると思われる 26 指標についての 3 階層における SVC を算出した。データ年次は 1975 年及び 90 年を用い、2 時点間での階層特性の変化にも着目した。なお、分析に用いた広域行政圏は、1990 年時点の広域市町村圏 (336 圏域・2940 市町村) と大都市圏周辺地域広域行政圏 (24 圏域・220 市町村) に加え、いずれも未設定の地域に対して人口規模等を考慮した独自の 24 圏域を定めた

計 384 圏域とした。各 SL におけるサンプル数及び自由度は表 1.3 のとおりである。

表 1.3 分析に用いた地域単位

SL	地域単位			N	DF
0	全	国		1	0
1	都	道	府 県	47	46
2	広	域	行 政 圏	384	337
3	市	町	村	3,258	2,874

1.5 分析結果と考察

26 指標についての SL=1~SL=3 の階層分散値計算結果を、社会・経済的指標と空間的指標に分けて考察する。

1.5.1 社会・経済的指標

1975 年及び 90 年の社会・経済的指標群の階層分散値計算結果を、表 1.4・表 1.5 にそれぞれ示す。なお、表中の%欄は、分散量の総和に占める各地域階層の分散量の比率（変動説明率）を示す。この比率が高いほど、その地域階層における指標の変動が相対的に大きいことになる。

ここで 2 時点を通じて顕著なのは、都市的活動水準を示すと考えられる指標群（2 次及び 3 次産業就業者数、昼間人口率、事業所数、販売額）が、いずれも広域市町村圏レベル(SL=2)で極めて高い変動を示していることである。図 1.3 に 1990 年における都市的指標の地域階層別変動説明率（変動スペクトル）を示す。ここから、都市的性格の強い市町村を多く持つ広域市町村圏と、そうでない広域市町村圏の差が明確に現れていることが読み取れる。これらの指標についての都道府県レベル(SL=1)での変動はごく小さく、都道府県間での都市的活動水準の差は相対的に低いといえる。

これとは逆に、農業的指標である 1 次産業就業者数、農家数、農業粗生産額については、市町村レベル(SL=3)での変動が支配的である。図 1.4 に、1990 年時点の農業的指標の変動スペクトルを示す。ここから、農業活動水準の差異が、広域市町村圏間よりも市町村間において顕著であることが明らかである。

また、農地面積当たり農業粗生産額は 1975 年時点では広域市町村圏レベルでの変動

が高いのに対し、90年では市町村レベルへとシフトしている（図 1.5）。一方で1975年に市町村レベルでの変動が大きかった農家当たり農業粗生産額は、90年では階層間の差異が認められなくなっている（図 1.6）。これらのことから、同期間に地域全体としての土地生産性の向上（農業不適地からの転用、産地形成等）が特定の市町村に集中して生じた一方で、圃場整備や大規模農家への農地集約によって、労働生産性は全国の都道府県間、各都道府県内広域市町村圏間、及び各広域市町村圏内市町村間でほぼ一定水準に達したと考えられる。

全指標を通じて、都道府県レベルでの卓越した変動はみられない。また、構成比指標（人口率、面積率等）については、統計処理の性格上 SL 間での変動の顕著な差異は現れていない。

表 1.4 1975 年指標値による階層分散の計算結果

1975年社会経済指標	市町村値全 国平均	SVC1	%	SVC2	%	SVC3	%
可住地人口密度	1.18E+03	2.16E+06	37.6	2.77E+06	48.3	8.08E+05	14.1
DID人口率	1.50E-01	2.37E-02	26.3	2.35E-02	26.1	4.28E-02	47.5
DID面積率	4.74E-02	1.54E-02	43.8	1.25E-02	35.5	7.28E-03	20.7
昼間人口率	9.19E-01	3.82E-03	2.3	1.34E-01	81.4	2.69E-02	16.3
老齡人口率	1.09E-01	4.20E-04	32.5	3.22E-04	24.9	5.51E-04	42.6
2次産業就業者数	5.55E+03	5.61E+07	3.0	1.73E+09	90.9	1.17E+08	6.2
3次産業就業者数	8.45E+03	1.25E+08	2.7	4.05E+09	88.3	4.12E+08	9.0
事業所数	1.30E+02	3.53E+04	1.8	1.88E+06	95.5	5.40E+04	2.7
販売額	8.73E+04	5.75E+10	0.8	6.72E+12	97.8	9.07E+10	1.3
1人当り自動車保有台数	2.94E-01	1.12E-03	29.5	1.94E-03	51.0	7.42E-04	19.5
1次産業就業者数	2.26E+03	6.36E+05	8.7	2.46E+06	33.5	4.24E+06	57.8
農家数	1.52E+03	1.51E+05	4.4	1.13E+06	33.2	2.13E+06	62.4
基幹農家率	3.75E-01	1.48E-02	34.1	1.23E-02	28.4	1.63E-02	37.5
農業粗生産額	2.85E+03	1.34E+06	9.6	4.81E+06	34.7	7.73E+06	55.7
農地当り粗生産額	1.45E+02	3.31E+03	3.5	6.21E+04	65.0	3.00E+04	31.5
農家当り粗生産額	1.93E+00	5.77E-01	22.0	7.26E-01	27.7	1.32E+00	50.2

表 1.5 1990 年指標値による階層分散の計算結果

1990年社会経済指標	市町村値 全国平均	SVC1	%	SVC2	%	SVC3	%
可住地人口密度	1.01E+03	2.00E+06	44.2	1.87E+06	41.4	6.54E+05	14.4
DID人口率	1.76E-01	3.23E-02	29.9	2.78E-02	25.7	4.80E-02	44.4
DID面積率	6.41E-02	2.01E-02	42.4	1.60E-02	33.6	1.14E-02	24.0
昼間人口率	9.26E-01	9.43E-03	2.2	3.60E-01	82.1	6.90E-02	15.7
老齡人口率	1.67E-01	8.11E-04	29.9	7.79E-04	28.8	1.12E-03	41.3
2次産業就業者数	6.31E+03	6.03E+07	3.5	1.52E+09	88.6	1.36E+08	7.9
3次産業就業者数	1.12E+04	2.27E+08	3.4	5.77E+09	85.5	7.54E+08	11.2
事業所数	1.34E+02	3.17E+04	2.0	1.46E+06	94.4	5.51E+04	3.6
販売額	2.19E+05	3.35E+11	1.0	3.32E+13	97.3	5.86E+11	1.7
1人当り自動車保有台数	3.51E-01	3.61E-03	37.7	2.41E-03	25.2	3.55E-03	37.1
1次産業就業者数	1.35E+03	2.35E+05	8.1	9.61E+05	33.2	1.70E+06	58.6
農家数	1.18E+03	1.17E+05	5.6	7.17E+05	34.2	1.26E+06	60.2
基幹農家率	3.12E-01	1.55E-02	43.0	8.63E-03	23.9	1.19E-02	33.0
農業粗生産額	3.46E+03	2.80E+06	12.9	7.38E+06	34.1	1.15E+07	53.0
農地当り粗生産額	2.06E+02	2.74E+04	0.9	4.25E+05	13.3	2.75E+06	85.9
農家当り粗生産額	3.20E+00	3.08E+00	29.0	3.36E+00	31.7	4.17E+00	39.3

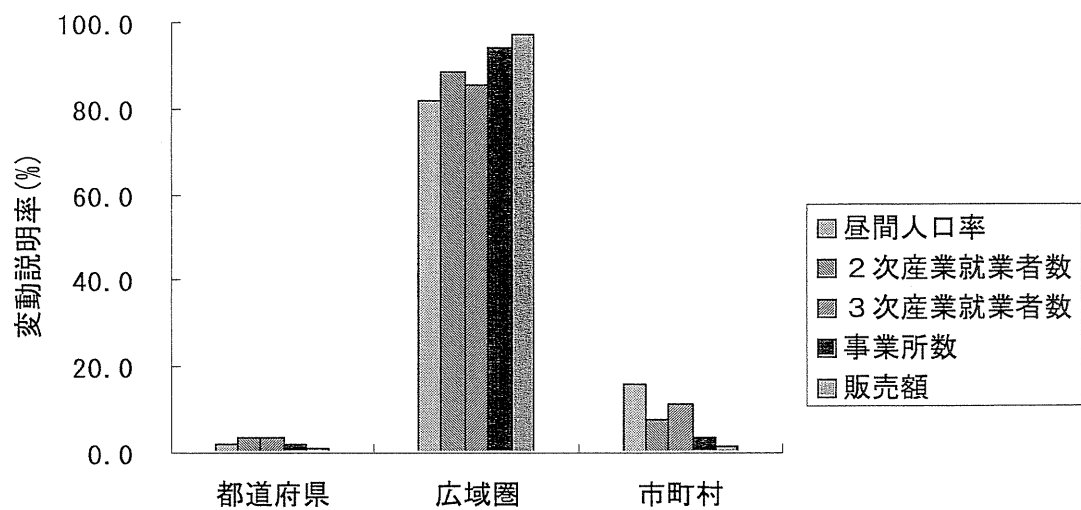


図 1.3 都市的指標の変動スペクトル (1990 年)

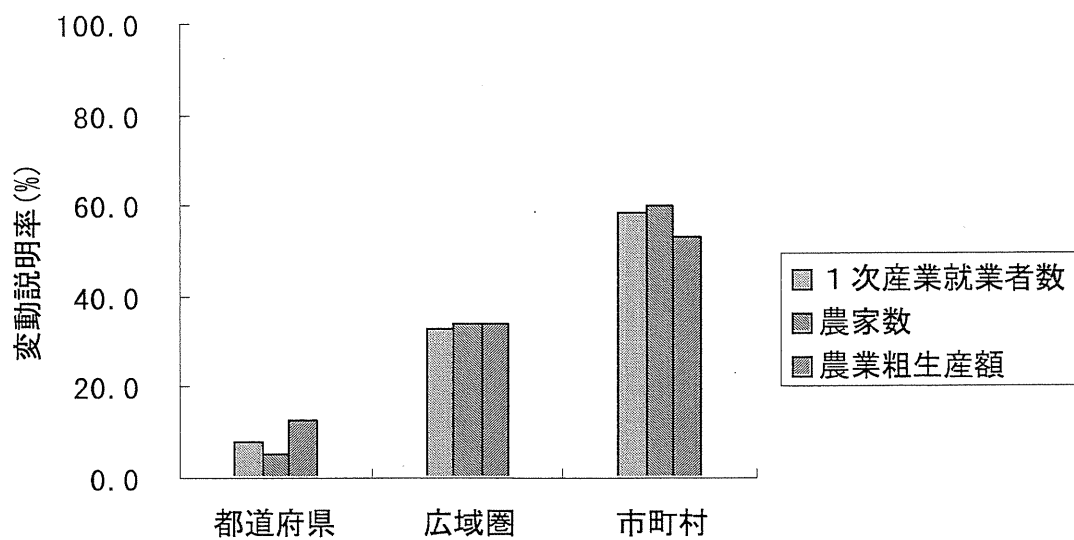


図 1.4 農業的指標の変動スペクトル (1990 年)

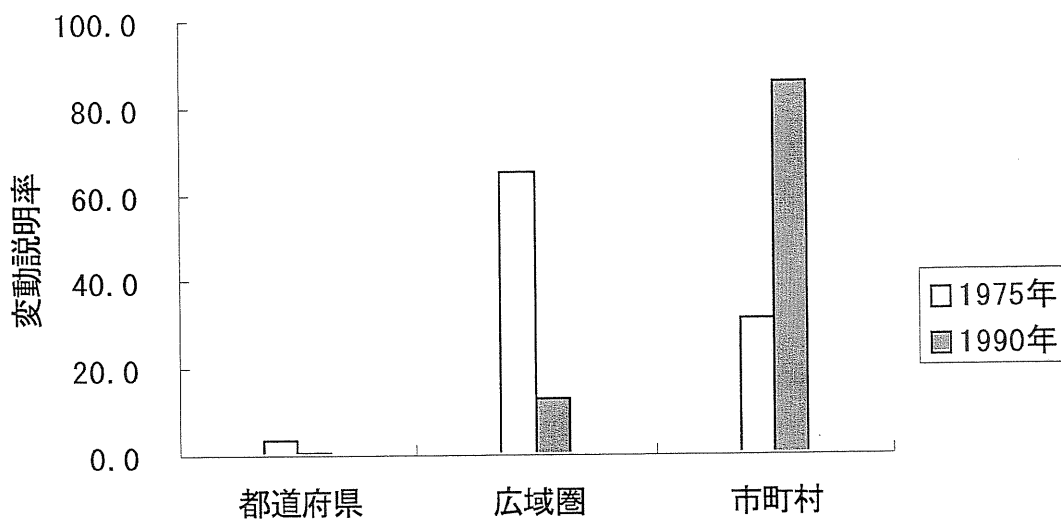


図 1.5 土地生産性（農地当たり粗生産額）の変動スペクトル

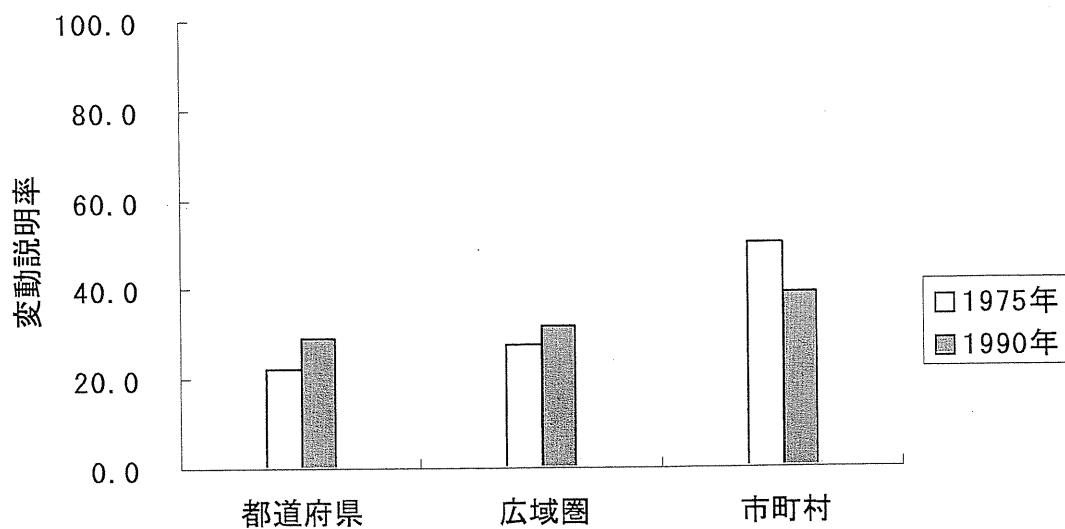


図 1.6 農家規模（農家当たり粗生産額）の変動スペクトル

1.5.2 空間的指標

地域の土地利用構造を基本的に規定していると考えられる地形要因（地形分類別面積）、ならびに土地利用種別面積そのものについて、同様の計算を行った。

すべての指標において、SL=1 での変動は極めて微少である。このことは、これまで行った回帰型土地利用構造モデルにおいて、都道府県を分析単位とした場合に地形的要因が有意とならない結果を、データ特性から裏付けるものである。一方、土地利用種別面積については前節と同様、都市的指標（宅地面積）が SL=2 において、農村的指標（農地面積）が SL=3 においてそれぞれ相対的に高い変動を示した。

表 1.6 空間的指標値による階層分散の計算結果

空間的指標 (土地利用は1990年)	市町村値 全国平均	SVC1	%	SVC2	%	SVC3	%
山地面積	1.34E+02	7.10E+01	0.6	4.43E+03	38.9	6.89E+03	60.5
丘陵・台地・段丘面積	2.19E+05	2.59E+01	1.0	1.19E+03	44.8	1.44E+03	54.3
低地面積	3.51E-01	1.74E+01	2.0	4.53E+02	51.0	4.19E+02	47.1
農地面積	1.18E+03	2.13E+01	2.9	2.57E+02	34.5	4.66E+02	62.6
水田面積	3.12E-01	1.19E+01	5.1	7.29E+01	31.4	1.48E+02	63.5
畑地面積	3.46E+03	7.19E+00	1.7	1.95E+02	46.3	2.19E+02	52.0
樹園地面積	2.06E+02	1.46E+00	8.6	4.84E+00	28.6	1.06E+01	62.8
森林面積	3.20E+00	8.24E+01	0.6	5.42E+03	41.7	7.51E+03	57.7
宅地面積	3.20E+00	5.44E+00	9.7	2.62E+02	76.9	7.30E+01	21.5

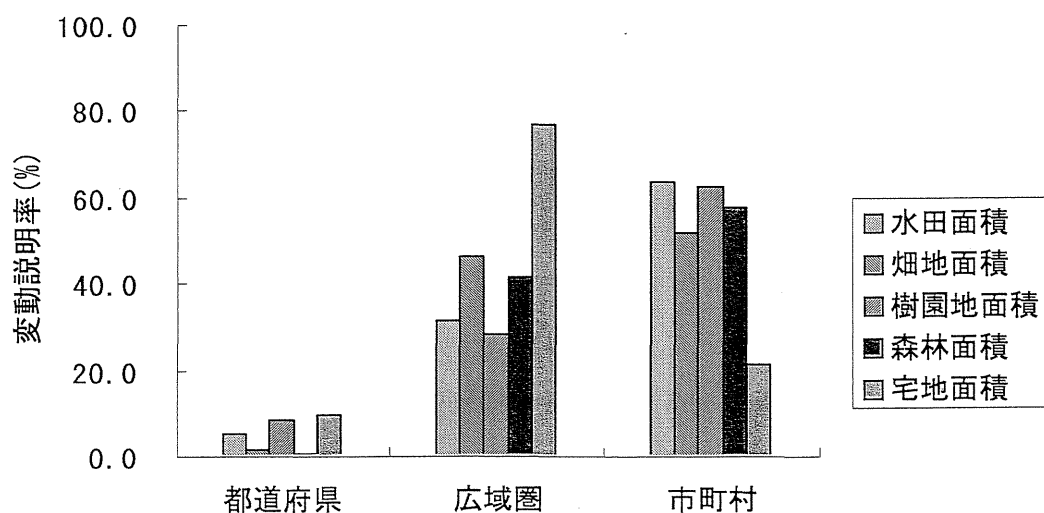


図 1.7 土地利用種別面積の変動スペクトル (1990 年)

表 1.7 各指標の階層別変動説明率

変動説明率 (%)					変動説明率 (%)				
社会・経済的指標	県	広域圏	市町村	空間的指標	県	広域圏	市町村		
都市的指標	昼間人口率	2.2	82.1	15.7	自然立地指標	傾斜 0-3° 面積	1.1	51.2	47.7
	2次産業就業者数	3.5	88.6	7.9		標高 0-100m 面積	0.8	52.7	46.4
	3次産業就業者数	3.4	85.5	11.2		山地面積	0.6	38.9	60.5
	事業所数	2.0	94.4	3.6		丘陵/台地/段丘面積	1.0	44.8	54.3
	販売額	1.0	97.3	1.7		低地面積	2.0	51.0	47.1
農業的指標	1次産業就業者数	8.1	33.2	58.6	土地利用指標	水田面積	5.1	31.4	63.5
	農家数	5.6	34.2	60.2		畑地面積	1.7	46.3	52.0
	農業粗生産額	12.9	34.1	53.0		樹園地面積	8.6	28.6	62.8
	農地当り粗生産額	0.9	13.3	85.9		森林面積	0.6	41.7	57.7
	農家当り粗生産額	29.0	31.7	39.3		宅地面積	9.7	76.9	21.5

1.6 おわりに

本章では、地域特性を表す基本的な指標を用いた階層分散分析により、都道府県・広域市町村圏・市町村という3階層の地域単位としての特性を示した。中でも、地域計画単位・広域的空間分析単位として重要性の高い広域市町村圏が、特に社会・経済的指標に関して、地域的特色のコントラストが極めて明瞭に現れる地域階層であることが明らかになった。

なお、本分析における土地利用種別面積は、国土数値情報の土地利用メッシュデータ（国土庁、1976, 1991）を使用した。

引用文献

Moellering, H. and W. Tobler (1972) : Geographical variances. *Geographical Analysis* 4, pp.34-50.

岡本次郎・氷見山幸夫(1983) : Scale-Variance (階層分散) の農業地理学への応用. *東北地理* 35(3), pp.116-118.

総務省自治行政局 : <http://www.soumu.go.jp/kouiki/kouiki.html>

第2章 広域市町村圏の土地利用変化

京都大学大学院地球環境学堂

西前 出

2.1 はじめに

人口・事業所数・収入などの社会経済状況を表す指標や、面積・傾斜・標高などの自然条件の指標は、各種統計資料により集計されて一般に利用可能となっている。また、インターネット等でも統計情報を利用できるようになり、その利便性は向上の一途にある。たとえば、国勢調査などでは、最新の統計結果を Web 上で公開している（総務省統計局統計センター、<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/>）。様々な目的に応じて、これらを用いて分析を行おうとする場合に、従来は手作業によるデータ入力作業を必要としたが、現在はエクセル形式でダウンロードができるようになっており、先進国の中では立ち遅れていたわが国の空間情報整備も少しずつ進展している現状にある。

一方で、これらの統計情報は都道府県や市町村などの従来の枠組みで集計されたままで大きな変化はない。人々の生活圏の拡大・地方分権の推進・厳しい地方財政などの多くの要因が従来の枠組みを超えた行政組織の必要性を示唆する中で、また、全国的にも市町村合併の機運が高まっているにもかかわらず、空間情報整備はこれらに十分に対応しているとはいえない。こうした状況のなかで、広域的な枠組みに適応した形でのデータ整備、および提供することの重要性はますます高まっていくことが容易に予測できる。

本章では、既存の統計データを広域市町村圏単位で収集して作成した独自の広域圏データベースの詳細を紹介する。また、国土数値情報の土地利用メッシュデータを用いて日本全国の土地利用分布の特性を広域市町村圏を単位として分析する。

2.2 データベースの構築

2.2.1 広域圏の設定

本プロジェクトでは、広域市町村圏単位の土地利用分析に際して必要と思われる統計データ、および地図情報を含む地理的データによるデータベースの作成を行った。全国で広域市町村圏は 336 圏域が設定されているが、その他に広域市町村圏に準ずる地域として大都市周辺地域広域行政圏が 24 圏域ある（1990 年 4 月現在）。1991 年に自治省の「広域行政圏計画策定指針」では、広域市町村圏と大都市周辺地域広域行政圏を合わせ

た総称を広域行政圏としている。一方で、これらに属しない市町村も多く存在するが、本研究では、全国的な土地利用変化モデルを構築するため、表 2.1 に示すように独自に 24 圏域を設定した。ここでは、民力の地域分類を元にして 108 市町村を区分し、また面積や人口規模などを参考に、おおよそ広域市町村圏と同等の規模を持つように設定した。以上により、本研究では、広域市町村圏が 336、大都市周辺広域行政圏が 24、および新たに設定した圏域が 24 となり、総数で 384 の圏域となる。以降、これらの圏域を総称して広域圏と称することとする。

表 2.1 新たに設定した圏域名称と構成市町村

広域圏名	市区町村名
いわき地方	いわき市
千葉臨海地区	八千代市, 千葉市, 習志野市, 市原市
千葉西部地区	市川市, 船橋市, 松戸市, 野田市, 柏市, 流山市, 我孫子市, 鎌ヶ谷市, 浦安市, 関宿町, 沼南町
都心地域	千代田区, 中央区, 港区
山の手地域	新宿区, 文京区, 渋谷区, 豊島区
下町地域	台東区, 墨田区, 江東区, 荒川区
南部地域	品川区, 大田区
西部地域	目黒区, 世田谷区, 中野区, 杉並区, 練馬区
北部地域	北区, 板橋区
東部地域	足立区, 葛飾区, 江戸川区
南多摩地域	八王子市, 町田市, 日野市, 多摩市, 稲城市
北多摩西部地域	立川市, 昭島市, 国分寺市, 国立市, 東大和市, 武蔵村山市
北多摩南部地域	武蔵野市, 三鷹市, 府中市, 調布市, 小金井市, 狛江市
島嶼地域	大島町, 利島村, 新島村, 神津島村, 三宅村, 御蔵島村, 八丈町, 青ヶ島村, 小笠原村
横浜・川崎地域	横浜市, 川崎市
三浦半島地域	横須賀市, 鎌倉市, 逗子市, 三浦市, 葉山町
湘南地域	平塚市, 藤沢市, 茅ヶ崎市, 秦野市, 伊勢原市, 寒川町, 大磯町, 二宮町
県央地域	相模原市, 厚木市, 大和市, 海老名市, 座間市, 綾瀬市, 愛川町, 清川町
名古屋	名古屋市
京都地区	京都市
大阪市地域	大阪市
北大阪地域	豊中市, 池田市, 吹田市, 高槻市, 茨木市, 箕面市, 摂津市, 島本町, 豊能町, 能勢町
神戸市	神戸市, 明石市, 三木市, 吉川町
奈良	奈良市, 大和郡山市, 生駒市

2.2.2 データベースの概要

前述のとおり、現在は多くの統計情報が集計され、その利用も容易となりつつあるが、土地利用データについては、全国を対象としたものは国土数値情報の土地利用メッシュデータに限られる。本研究では、土地利用データとして1976年、1987年の国土数値情報を用いた。国土数値情報は、国土に関する諸計画策定事業実地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、土地利用を初めとした種々の情報を数値情報として整備したものである。データ形式は、ラスター型（メッシュ等）であり、緯度経度を基にした基準地域メッシュ（第3次地域区画）と呼ばれるおおよそ一辺が1kmのメッシュデータである。

その他のデータは、国土数値情報の土地利用データの年次に合わせて各種の統計資料を収集した。表2.2にデータ項目とその出展を示す。これらの指標の多くは、市町村単位で集計されているため、入力作業を市町村単位で済ませた後に、広域圏単位で集計する作業を行った。また、地理情報システム（Geographic Information System, 以下GIS）を用いて広域圏のポリゴンデータを作成し、広域圏別に集計したデータと結合してデータベースを構築した。

土地利用データの最初の作成年度にあたる1976年は、高度経済成長の末期にあたり都市化に伴うスプロール化現象や、一極集中型の都市構造に関する問題が取り上げるようになった時期にあたる。また、1969年には広域市町村圏が、1977年には大都市周辺広域行政圏が制定され、1977年には定住圏の概念が生まれ、土地利用分析を始める上で最適な年である。また、国土数値情報の1987年の作成年度は四全総における「多極分散型国土の形成」という基本目標を受け、今後の市町村圏施策のモデルとして「ふるさと市町村圏推進要綱¹」により「ふるさと市町村圏」を設定し、広域市町村圏施策の一層の充実を図る契機となった年にあたる。

¹ ふるさと市町村圏に広域行政組織として複合事務組合を設置すること、圏域内の一部事務組合についてはできる限り複合事務組合化を進めることにより、広域行政体制の簡素化を図り、広域事業の実地体制の強化・広域的調整の円滑化を進めることが規定されている。

表 2.2 データ項目と出典

データ項目	データ区分	出典
人口		国勢調査
年齢別人口	15 歳未満人口 15 歳以上 65 歳未満人口 65 歳以上人口	
産業分類別人口	第一次産業就業人口 第二次産業就業人口 第三次産業就業人口	
DID 人口		
DID 面積		
昼間人口		
世帯数		
専業別農家数	専業農家数 第一種兼業農家数 第二種兼業農家数	世界農林業センサス
農業粗生産額		生産農業所得統計
事業所数		工業統計
製造品出荷額等		
商店数		商業統計
年間販売額		
自動車保有台数		(財) 自動車検査登録協会調べ
傾斜別面積	0° ～ 3° 3° ～ 8° 8° ～ 15° 15° ～	土地分類図付表
標高分別面積	0～100m 100～200m 200～400m 400m～	
地形区分別面積	山地 丘陵・台地・段丘 低地	
土地利用面積	田 畑 果樹園 その他の樹木畑 森林 荒地 建物用地 幹線交通用地 その他の用地 内水地 海浜	国土数値情報

2.2.3 土地利用区分

国土数値情報では土地利用区分を 1976 年には 15 種としていたが、1987 年の調査時にこれを見直して 12 地目に減少している。本章では、これらを農地、森林、宅地、その他の 4 種に分類し、土地利用変化を分析することにする（表 2.3）。なお、「湖沼」、河川地 A」「河川地 B」,「内水地」,「海浜」,「海水域」は分析対象から除いた。

表 2.3 土地利用区分の設定

	土地利用区分 (1976 年)	土地利用区分 (1987 年)
農地	田	田
	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
宅地	建物用地 A	建物用地
	建物用地 B	
その他	幹線交通用地	幹線交通用地
	その他の用地	その他の用地
	湖沼	内水地
	河川地 A	
	河川地 B	
	海浜	海浜
	海水域	海水域

2.3 広域圏の土地利用特性

2.3.1 広域圏の土地利用分布

構築したデータベースを基に、土地利用分布の状況を地図上に描写し、その傾向を分析した。「農地率」の分布をみると、農地率 20%未満の広域圏の数は全体の約半数を占めている（図 2.1）。これらの分布は主に本州の内陸部や北海道といった畑作中心の農業を行っている地域に多い。農地率が 30%以上の高い値を示す広域圏は関東平野や愛知県周辺の広域圏や九州地方に多くみられ、主に稲作を中心として農業を行っている地域に集中していることがわかる。1986 年の農地率の分布は、1976 年の農地率分布と比較しても大きな変化はみられないが、農地率が 10%未満の広域圏の数は増加し、農地率が

30%以上の広域圏の数は減少しており、全体的な農地減少の傾向は把握できる(図 2.2)。次に、広域圏の「森林率」の分布をみると、森林率 70%未満の広域圏は 50%程度であることがわかる(図 2.3, 図 2.4)。つまり、約半数の広域圏では森林率が 70%を超える値を持つことがわかる。特に、本州内陸部や四国の南部の山間地帯では森林率が高く、90%を超える値を示す広域圏も多い。「宅地率」に着目すると、三大都市圏(首都圏、中部圏、近畿圏)で 20%以上の高い値を示す広域圏が多く分布している(図 2.5, 図 2.6)。一方で、1976 年では宅地率が 10%未満の地域が全体の 80%を占めており、1986 年においても依然として 70%以上を占めている。広域圏を比較してみても土地利用分布の違いは顕著に現れていることがわかる。その他率の分布をみると、幹線交通用地の占める割合が高い三大都市圏で高い値を示している(図 2.7, 図 2.8)。全体的には 10%未満の地域が大多数をしめており、大都市圏以外ではほとんど一定の値を持っていることがわかる。2 時点間の土地利用変化の詳しい考察は次節に譲るとして、広域圏ごとの土地利用分布は一見したところではそれほど変化していないことがわかる。

三大都市圏においては、宅地、その他の比率が高くなっており、また農地率も平均よりは高い値を示している。こうした地域は、地形的には平野部に分布していることがわかる。限られた狭い国土を有するわが国においては、戦後の高度経済成長の中で開発適正の高い地域は既におおよそ開発されており、安定成長に入った時代に制定された広域市町村圏、大都市周辺広域行政圏の枠組みの中では、土地利用構成比に既に大きな較差が生まれていた事が観察できる。

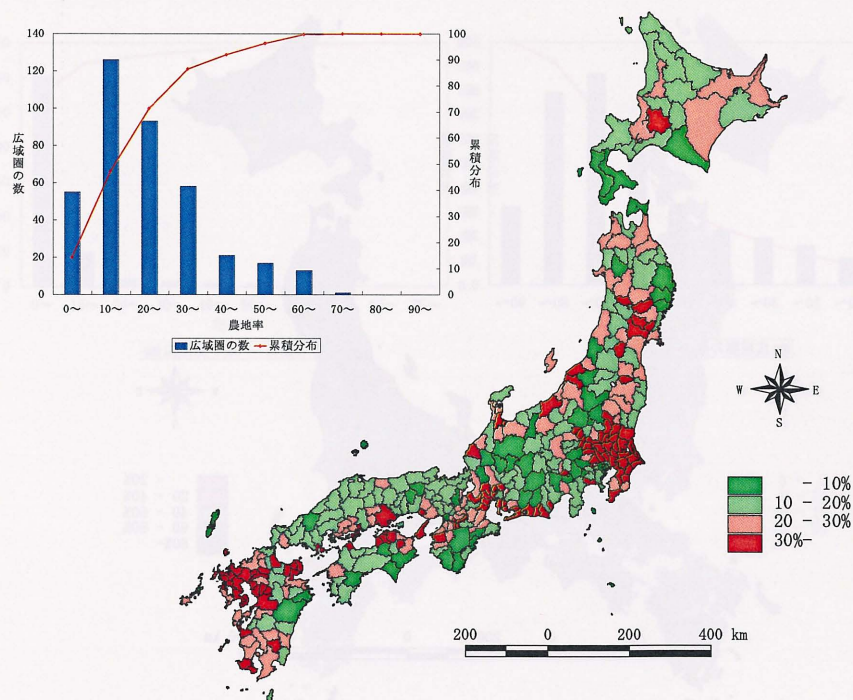


図 2.1 広域圏の農地率 (1976 年)

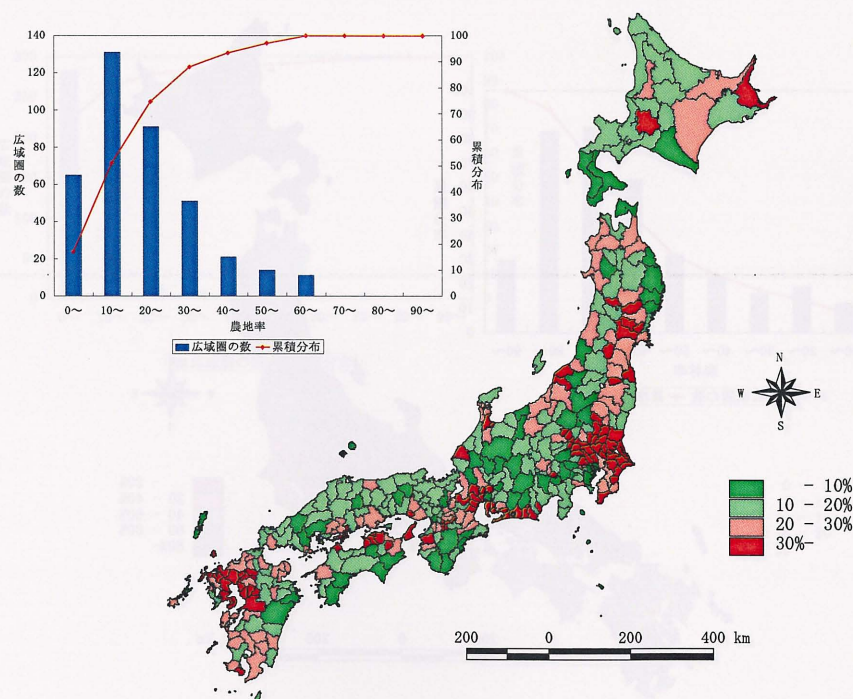


図 2.2 広域圏の農地率 (1986 年)

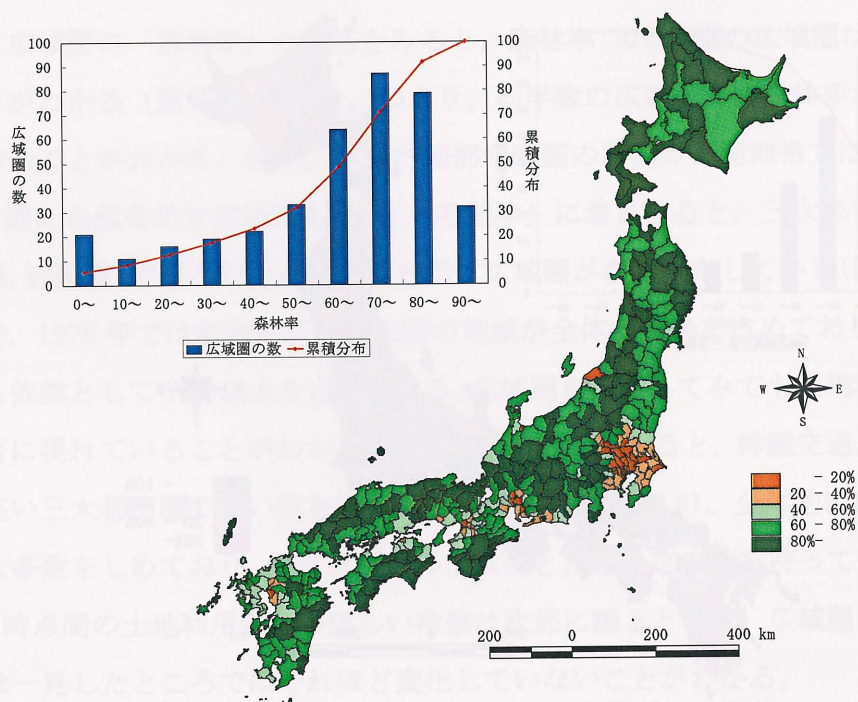


図 2.3 広域圏の森林率 (1976 年)

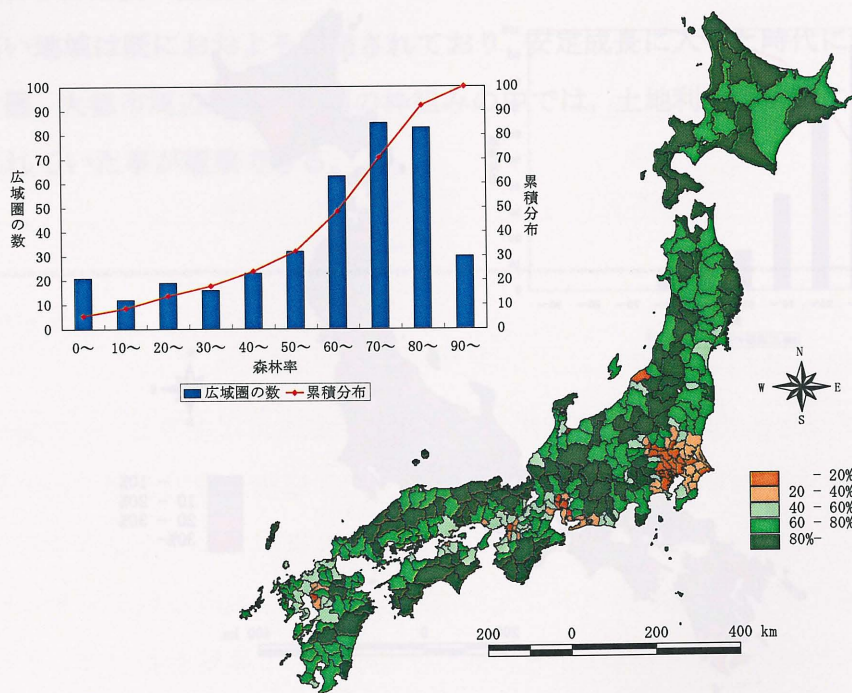


図 2.4 広域圏の森林率 (1987 年)

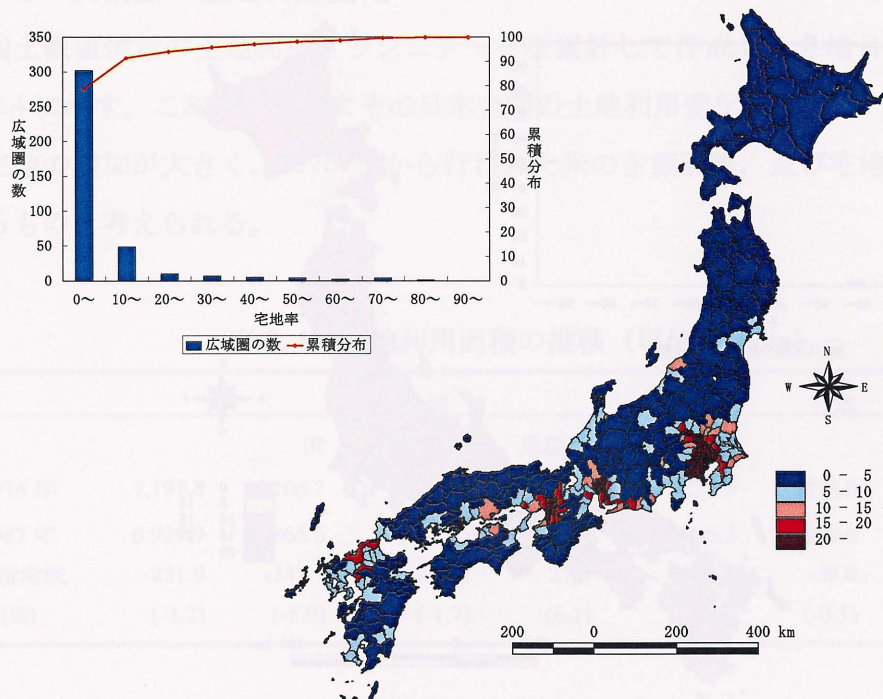


図 2.5 広域圏の宅地率 (1976 年)

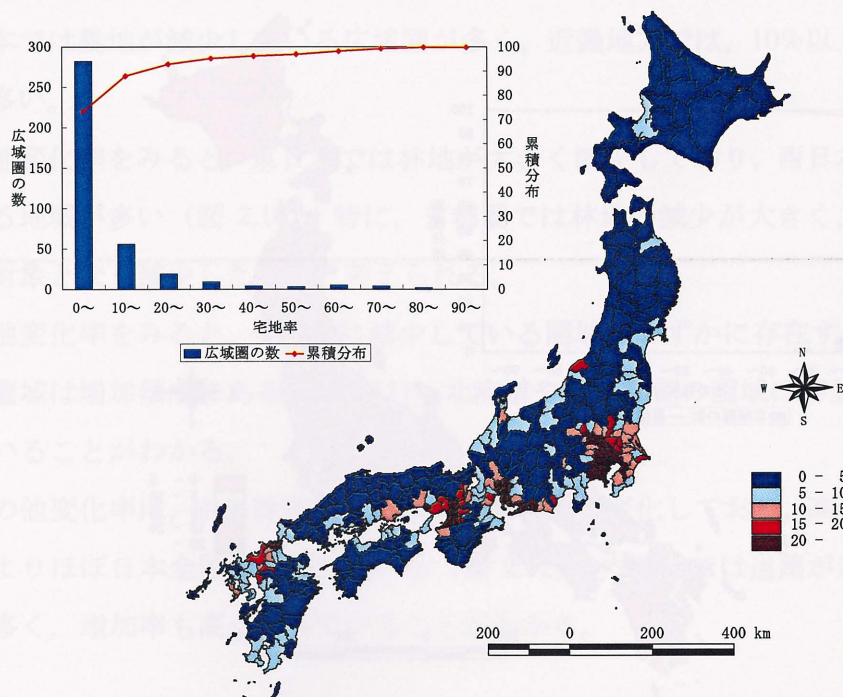


図 2.6 広域圏の宅地率 (1987 年)

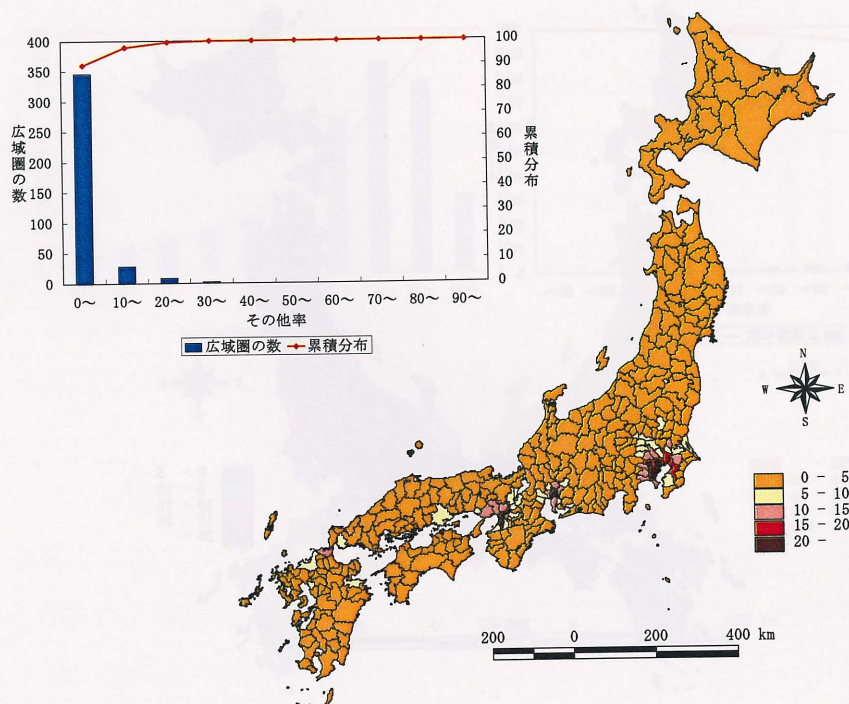


図 2.7 広域圏のその他率 (1976 年)

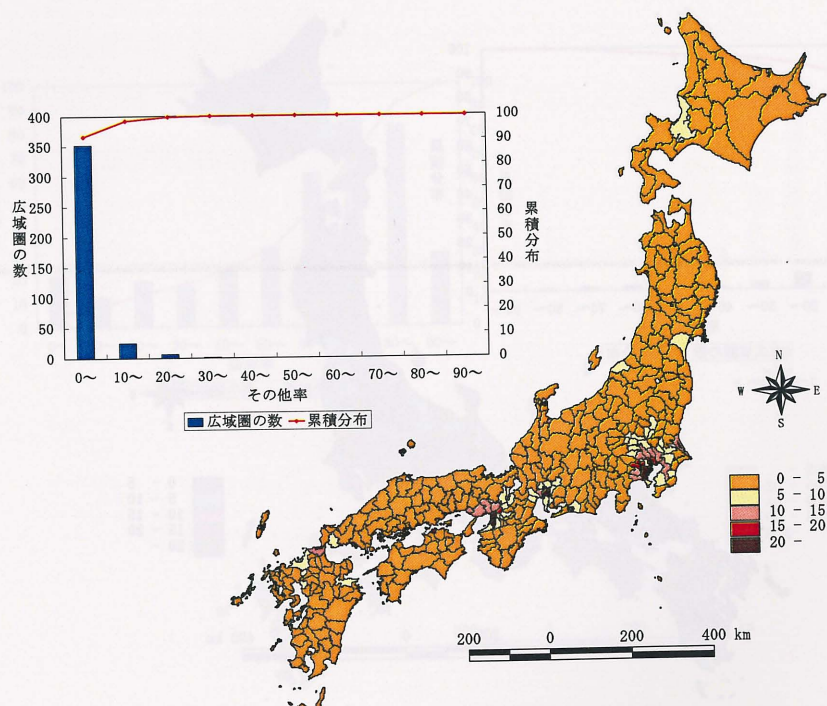


図 2.8 広域圏のその他率 (1987 年)

2.3.2 広域圏の土地利用変化

国土数値情報の土地利用メッシュデータを集計して作成した各地目の面積の推移を表 2.4 に示す。これは、おおよそ日本全国の土地利用変化を示している。農地の減少と宅地の増加が大きく、1970 年から行われた米の生産調整、及び宅地への転用に起因するものと考えられる。

表 2.4 土地利用面積の推移 (単位: 千 ha)

	農地					林地	宅地	その他
		田	畑	果樹園	樹木畑			
1976 年	7,191.8	4,106.7	2,384.3	447.9	222.9	26,898.6	1,503.2	618.9
1987 年	6,929.9	3,865.6	2,343.5	475.5	245.3	26,860.6	1,759.2	664.3
面積増減	-231.9	-241.1	-40.8	27.6	22.4	-38.0	256.0	45.4
(%)	(-3.2)	(-5.9)	(-1.7)	(6.1)	(10.0)	(-0.1)	(17.0)	(7.3)

次に、2 時点間の土地利用変化をみていくことにする。図 2.9 に 1976 年から 1987 年の広域圏別の農地の変化率を示す。全国的に農地は減少傾向にあるものの、一部の広域圏では増加している。特に、北海道や東北地方の圏域では農地の増加が目立つ。一方、西日本では農地が減少している広域圏が多く、近畿地方では、10%以上減少している地域が多い。

林地変化率をみると、東日本では林地が大きく減少しており、西日本では逆に増加している地域が多い (図 2.10)。特に、首都圏では林地の減少が大きく、平地林が都市開発の対象となり減少したものと考えられる。

宅地変化率をみると、全国的に減少している圏域はわずかに存在するだけで、ほとんどの圏域は増加傾向にある (図 2.11)。北海道や太平洋側の圏域は軒並み 10%以上増加していることがわかる。

その他変化率は、主に幹線交通用地の増減により変化しており、高速道路や鉄道の新設によりほぼ日本全国で増加している (図 2.12)。内陸部では道路が新しくできたところが多く、増加率も高くなっていることがわかる。

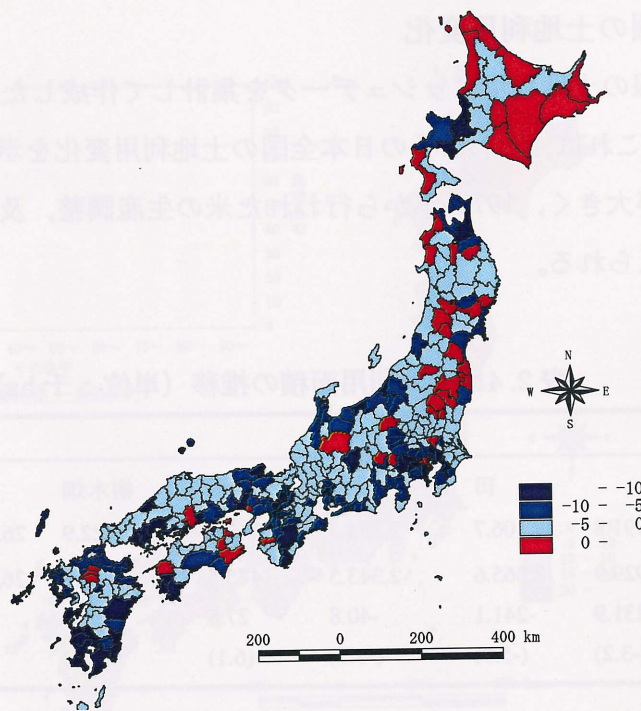


図 2.9 広域圏の農地変化率 (1976-1987 年)

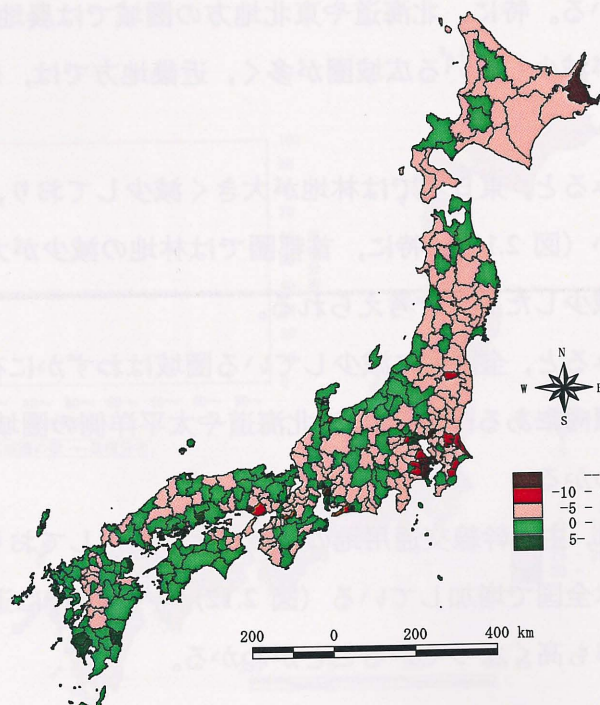


図 2.10 広域圏の林地変化率 (1976-1987 年)

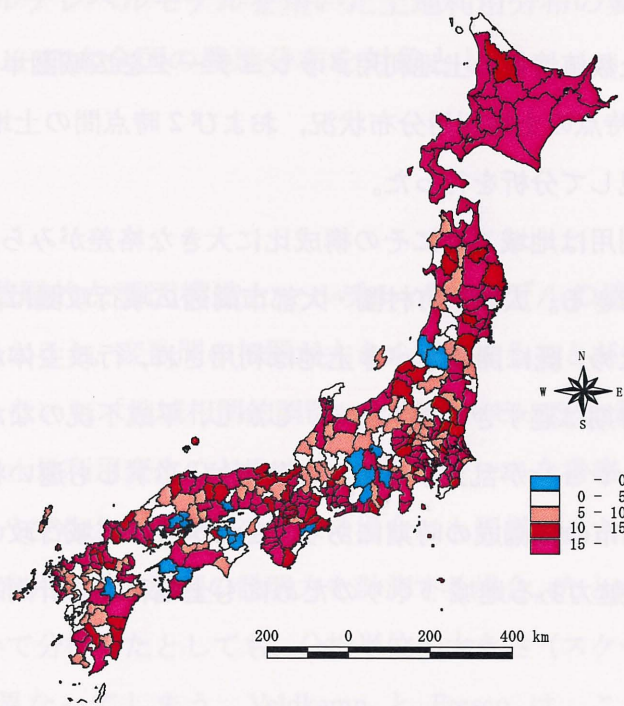


図 2.11 広域圏の宅地変化率 (1976-1987 年)

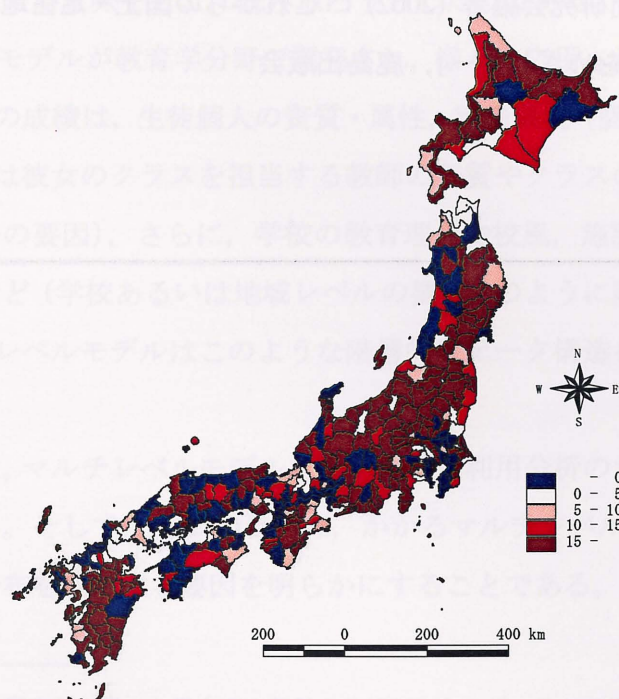


図 2.12 広域圏のその他変化率 (1976-1987 年)

2.4 おわりに

本章では、国土数値情報の土地利用メッシュデータを広域圏単位で集計し、1976年から1987年の各時点の土地利用分布状況、および2時点間の土地利用変化をGISを用いて視覚的に表現して分析を行った。

広域圏の土地利用は地域ごとにその構成比に大きな格差がみられ、その特性は多様であることが観察できる。広域市町村圏・大都市周辺広域行政圏は、高度経済成長の終焉期に設定されたため、既開発すべき土地は利用され、行政主体が誘導的に地域づくりをするにはその時期は遅すぎた感もある。しかし、平成不況のなかで都市の一等地から企業が撤退しマンションが乱立する現在の状況は、必ずしも遠い将来を見据えたものではなく、新たな都市の再編成の時期にあり、これからの広域行政の果たすべき役割も大きい。地域特有の魅力ある地域づくりのためにも土地利用を計画的に誘導することが望まれる。

参考文献

- 村上市・自治体問題研究所編（1999）：「広域連合と一部事務組合」，自治体研究社
- 都市農業共生空間研究会編著（2002）：「これからの国土・定住地域圏づくりー都市と農業の共生空間をめざしてー」，鹿島出版会

第3章 マルチレベルモデルを用いた土地利用分布の要因分析

—日本全国の農地分布を対象として—

神戸大学農学部

星野 敏

3.1 はじめに 一階層的な要因構造とマルチレベルモデルの適用—

一般に集計単位が異なると、変数間の相関が大きく変化することが知られている。これは「集計化の誤謬」ないし「地域相関的誤謬」と呼ばれている²。筆者は、これまで重回帰モデルを用いて土地利用変化のドライビング・フォースを考察してきたが、もちろん、土地利用の態様や変化とその要因の関係の場合にも同様のことが観察される。例えば、回帰分析で土地利用変化の要因の説明力を計測する場合、たとえ同じ対象地域と同じ指標データを用いて分析したとしても、分析単位の大きさ（スケール）によってその結果が少なからず異なってしまう。Veldkamp と Fresco は、これを“spatial scale dependence of land use / cover and its drivers”あるいは「スケール効果」と呼び、それぞれのスケールに対応して異なる要因が土地利用変化に作用していると解釈した³。つまり、「集計化の誤謬」を超えた意味をそこに読み取ろうとしたのである。

近年、マルチレベルモデルが教育学分野で開発され、様々に応用されるようになってきた。たとえば、生徒の成績は、生徒個人の資質・属性、家庭環境（個人レベルの要因）のみならず、彼あるいは彼女のクラスを担当する教師の資質やクラスの平均的な学力水準など（クラスレベルの要因）、さらに、学校の教育理念や校風、施設の充実度、そして近隣住区の地域性など（学校あるいは地域レベルの要因）のように階層的な要因構造を有している。マルチレベルモデルはこのような階層的なデータ構造を効果的に分析する統計手法である。

本論の第1の目的は、マルチレベルモデルを用いた土地利用分析のポテンシャルを明らかにすることである。そして、第2の目的は、かかるマルチレベルモデルを用いて、日本における農地の分布を規定する要因を明らかにすることである。

² 1930年のアメリカの国勢調査から黒人と識字率の関係を分析したところ、9つの地域単位での相関計数は $r=0.946$ 、48州ごとに取ると $r=0.773$ 、各人ごとにとると $r=0.203$ となった。地域単位でみたときに高い相関が確認されたとしても、それをそのまま個人単位（や他の単位）に当てはめてしまうと正しくない。

³ Veldkamp, A. and Fresco, L. O.: Modelling land use changes and their temporal and spatial variability with CLUE, Final report of NRP Project, Wageningen Agricultural University, 1995.

ところで、手法が特定の目的に本当に有用であるか否かは、それがどれだけ我々に有意義な結果を物語ってくれるか否かにかかっている。それ故に、上記の2つの目的は、いわば、コインの裏表の関係にある。

3.2 農地面積を規定する要因の検討

3.2.1 農地面積を規定する要因の階層構造

農地面積は、農地を利用する農家の要因と土地の自然条件に直接的に規定される。そして、農家は、地域的な要因の影響下にある。そして、さらに、それは国家レベルの諸制度の元にある。このように農地を規定する要因は階層的な構造を持っている。図3.1は農地面積を規定する要因の階層構造を示した図である。

各レベルの要因を具体的に挙げれば以下の通りである。

- a. 自然条件：農地面積は自然条件に大きく規定される。農業生産にかかわる自然条件には、気象条件、自然地理的条件、土壌条件、水利用条件などがある。
- b. 農業経営的要因：農業経営的要因は、農地を直接利用する農家の要因である。個別

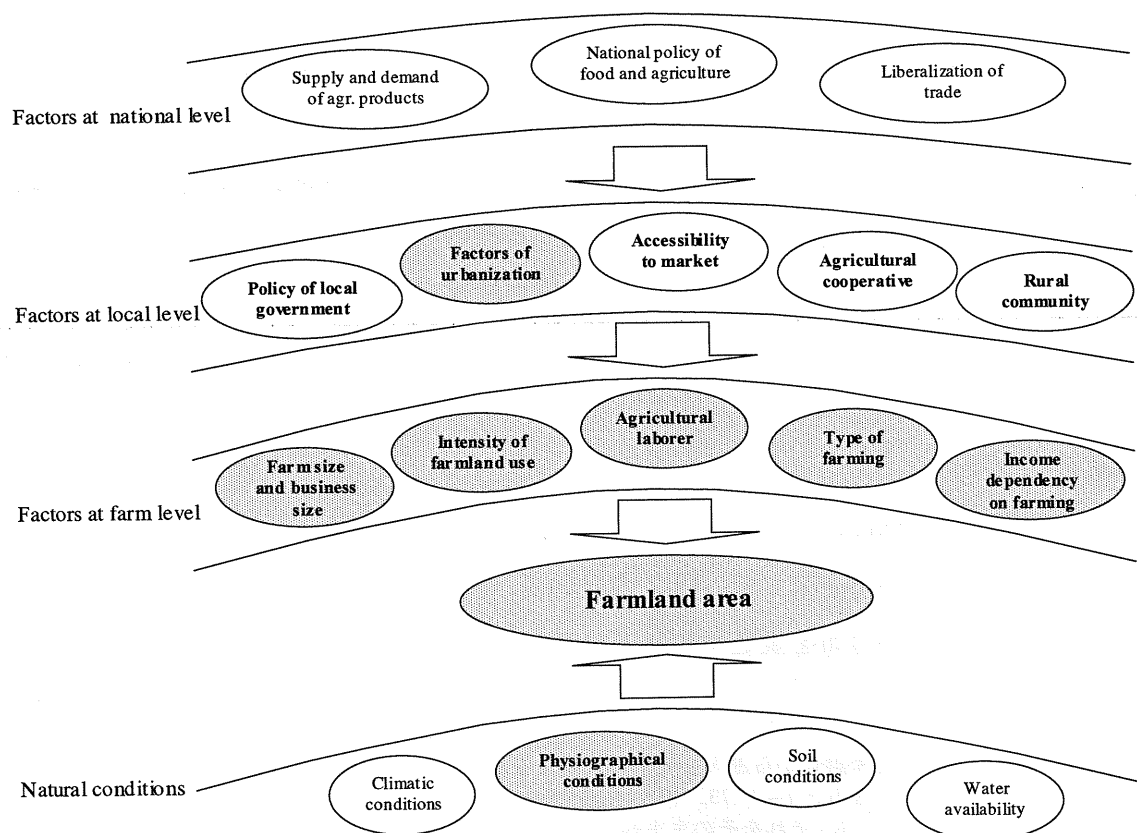


図 3.1 農地分布を規定する要因の階層構造

経営の耕地規模、販売額規模、土地利用の集約度、経営形態、農家の労働力、農業所得への依存度などの経営指標と農地面積とは相互に規定しあっている。

c. 地域的要因：地域的要因は、個別経営を取り巻く地域の外的条件である。地域的要因には農業振興・土地利用ゾーニング・農業基盤整備に関する地方行政の施策、兼業化・混住化などの都市化要因、農産物市場および労働市場へのアクセシビリティ、農村コミュニティ・農協などの地域組織の統率力などがある。本論では、県を地域レベルの分析単位とする。

d. 国家的要因：農産物需給動向と農産物価格の状況、国家の農業・農地・貿易政策などは農業生産に作用し、ひいては農地面積を規定する。よりグローバルな土地利用モデルを開発する場合には、国家レベルの政策の相違がより大きな意味を持つであろう。

3.2.2 分析の枠組み

第1は、従来のシングルレベルモデルによる分析である。説明変数となる要因は、土地利用を直接、規定するファームレベルの要因である。ただし、ローカルレベルの要因である都市化要因も加える。図3.1の陰付きのオーバルは使用した要因に対応する。分析の単位は市町村と県の2つである。それぞれにシングルレベルモデルを適用し、分析単位を変えたときの結果への影響を確認する。

第2は、マルチレベルモデルによる分析である。市町村レベルと県レベルの2層構造を仮定し、マルチレベルモデルを適用する。上記の結果を踏まえて、試行錯誤によって有意な要因を選択する。

第3は、県レベルのランダム項の分析である。上記のマルチレベルモデルでは、県レベルで土地利用要因の影響力が異なることが仮定されている。その県毎の影響力の偏差が、どのような県レベルの地域的要因に規定されているのかをこの分析で明らかにする。図3.1でメッシュのかかった楕円はその要因に対応している。

3.3 対象地域とデータの構造

対象地域は日本全国である。面積は約37万平方キロ、1995年の人口は126百万人である。日本の地方行政システムは47の都道府県と約3,200の市町村の2層から構成されている。単純に平均を取ると、1県の平均面積は7,900km²、平均人口は2.7百万人である。また、県の下には約70程度の市町村が含まれる。ただし、県の人口規模、面積

規模、市町村数には相当大的な違いがある。

局地的な事例調査を除くと、日本全体をカバーする土地利用データは必ずしも多くない。その中で、国土地理院によって1976年と1989年に調査された土地利用データが最も信頼できるものである。本章では、1989年のデータを用いる。1km²メッシュ単位のオリジナルデータを市町村毎に集計した。また、地形データは土地利用データと同じ調査によるものである。社会経済的なデータのソースは、国勢調査、農業センサス、事業所統計、個別調査研究など極めて多岐にわたる。土地利用データの年次にあわせて、1990年前後のデータを用いた。なお、分析に用いたデータの一部は、国土地理院および国土庁から提供された。

欠損値および特異値をもったサンプルは分析の対象から除外した。また、分布の形状が正規分布から著しくはずれた指標は対数変換により、分布を正規分布に近づけた。また、桁落ちによる計算誤差を少なくするため、各指標を平均0、標準偏差1に標準化した。

3.4 土地利用要因についての予備的考察

3.4.1 地形条件に対する前処理

地形条件に関する指標数は12（地形4指標、傾斜4指標、標高4指標）である。これらの指標には相互に強い相関がある。回帰分析における多重共線性の問題および不安定な変数選択の問題を回避するために、主成分分析によって、12の指標を4つの成分に統合した。表3.1は主成分負荷量を示している。第1主成分は、高標高、急傾斜、山地地形（－）と低標高、平坦地（＋）の相違を示している。第2主成分は中傾斜の丘陵成分、第3主成分は緩傾斜の成分、そして、第4主成分は台地の成分であった。以上の4主成分を以降の分析に用いる。

3.4.2 農業経営レベルの要因

表3.2は農家レベルの要因とその指標を示している。経営規模に関する2指標は、分布に偏りがあるため、それらに対数変換した指標を追加した。また、経営形態の指標として、水田率を用いる。これは日本の農業の基本的な特徴が水田農業であるからである。経営形態が同じであれば、もっとも農業所得に関連の強い指標は経営規模に関する指標である。

表 3.1 地形条件指標の主成分負荷量（バリマックス回転後）

	Principal component (variable name)			
	PC-1 (ZTIKEI1)	PC-2 (ZTIKEI2)	PC-3 (ZTIKEI3)	PC-4 (ZTIKEI4)
MOUNTAIN: % of mountain and volcano area	-0.934			
ELEV1: % of 0 – 100 m elevation area	0.911			
SLOPE1: % of 0 – 3 degree slope area	0.897			
SLOPE4: % of 15 degree and over slope area	-0.872			
LOWLAND: % of lowland area	0.760			
ELEV4: % of 400 m and over elevation area	-0.686			
ELEV3: % of 200 – 400 m elevation area	-0.531			
HILLS: % of hill area		0.731		
SLOPE3: % of 8 – 15 degree slope area		0.682		
ELEV2: % of 100 – 200 elevation area		0.662		
SLOPE2: % of 3 – 8 degree slope area			0.654	
PLATEAU: % of plateau and tableland area				0.811
Pct of Variance	40.8%	17.6%	10.3%	9.1%
Cum Pct	40.8%	58.4%	68.6%	77.8%

Note: PC loadings whose absolute values are less than 0.5 are not displayed in this table.

表 3.2 農業経営に関する指標

Factors at farm level	Indicators
Farm size and business size	ZFSIZE90: average farm size
	ZLFSI90: logarithm of average farm size
	ZBSIZE90: average farm product per farm household
	ZLBSI90: logarithm of average farm product per farm household
Intensification of farmland use	ZINTEN90: farm product per farm size
Agricultural laborer	ZPRI90TE: percentage in employees in primary industry
Type of farming	PAD90FL: paddy-field ratio to total farmland
Income dependency on farming	ZFULL90F: percentage of full-time farm household
	ZPAR190F: percentage of part-time farm household (type1)
	ZPAR290F: percentage of part-time farm household (type2)

3.4.3 都市化要因に対する予察

狭義の都市化は人口の増加を意味するから、人口密度によって都市化の水準を大まかに把握することができる。しかし、都市化現象は、混住化、兼業化、核家族化などの広汎な地域変容を伴う現象であるから、人口密度だけでは十分に把握できない。そこで、人口密度以外に、非農家率、平均家族員数、高齢化率、世帯あたりの車の台数、世帯あたりの従業者数を用意した。図 3.2 は相関行列をもとに、指標の関連性を示したものである。また、表 3.3 は、主成分分析の結果を示している。これらの図表から読みとれるのは、都市化が二つの指標グループから構成されている点である。

第 1 の都市化の水準は、1 世帯あたりの家族員数、雇用者数、車の台数に関連している。これは、家族のメンバーが家族と同居したまま、恒常的な勤務に従事する状態である。この場合には、大家族が維持され、家族メンバーの通勤のために世帯あたりの車の台数が多くなる。一方、第 2 の都市化の水準は、人口密度と非農家率である。非農家率は混住化の水準を示している。混住化とは、農村部において非農家のシェアが増加する現象である。混住化は若い核家族の流入によって引き起こされるので、家族世帯員数および世帯あたりの雇用者数と非農家率とは負の相関がある。また、非農家率は高齢化率とも負の相関がある。

上記の指標は、地域全体の都市化水準を示す指標であり、農家の兼業化とは直接関連していない。都市化水準を示す 6 指標と農家の兼業化率 3 指標との間の相関係数の値は低かった。これら 2 種類の都市化水準が農地面積に及ぼす影響は、後述するように異なる。

表 3.3 都市化要因指標の主成分負荷量（バリマックス回転後）

	Principal component	
	PC-1	PC-2
ZEMP90H: : number of employee per household	0.929	
ZFAMILY9: average number of family member	0.918	
ZCAR90H: number of cars per household	0.832	
ZOLD90P: % of aged population (65 year-old and over)		- 0.915
ZURFAR90: non-farm-household ratio		0.802
ZPOP90I: population density		0.789
Percent of Variance	45.0%	36.2%
Cumulative Percent	45.0%	81.2%

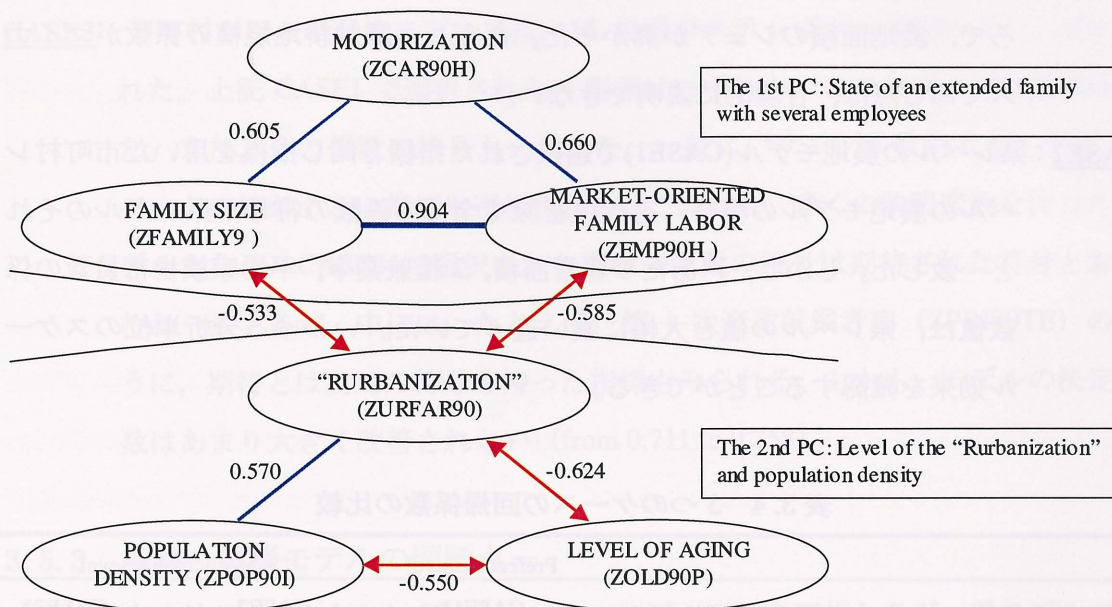


図 3.2 都市化要因指標間の相関係数

3.5 単層モデルによる分析

3.5.1 分析の枠組み

データは県レベルと市町村レベルの2階層の構造を持つ。ここでは、分析単位の大きさの相違が、回帰モデルの結果に影響するかを確認する。県を構成する市町村レベルの指標データの平均値を県レベルの指標データとして用いた。単位の大きさだけが異なる2つのデータベースに対して、回帰モデルを当てはめてその係数値を比較する。目的変数は1989年の農地面積率である。ステップワイズ法のためのF値確率は、投入の場合0.05、除外の場合0.10とした。説明変数に用いた指標数は21である。

CASE1: 県レベルのデータに対して、ステップワイズ法で指標を選択した場合

CASE2: 市町村レベルのデータに対して、CASE1と同じ指標を用いた場合

CASE3: 市町村レベルのデータに対して、ステップワイズ法で指標を選択した場合

3.5.2 単層モデルの結果

表3.4は回帰係数を比較した結果である。

CASE1: ステップワイズ法によって4つの変数が選択された。平坦な低地か急勾配の山地かの違いを示す地形成分、戸あたり経営面積、2種兼業率、平均家族世帯員数である。平坦地が多く、2種兼業農家率が低く、家族世帯員数が多いとこ

ろで、農地面積のシェアが高かった。ただし、経営耕地規模の係数がマイナスである点は、合理的に説明できない。

CASE2：県レベルの農地モデル(CASE1)で選択された指標と同じ指標を用いた市町村レベルの農地モデルの場合、定数項を除く全ての係数の符号が県レベルのそれと一致した。しかし、戸あたり経営面積、2種兼業率、平均家族世帯員数の係数値は、県レベルの値と大幅に食い違っていた。いわゆる分析単位のスケール効果を確認することができる。

表 3.4 3つのケースの回帰係数の比較

	Prefecture level	Municipality level	
	CASE1*	CASE2	CASE3*
Dependent variable	% of farmland	% of farmland	% of farmland
Number of samples	47	2962	2962
Multiple correlation coefficient	0.872	0.843	0.871
Coefficient of determinant	0.760	0.711	0.758
Adjusted coefficient of determinant	0.737	0.710	0.757
Standardized regression coefficient (beta)			
CONS: constant	-0.031	0.006	-0.013
ZTIKEI1: steep mountain (-) vs. flat lowland (+)	0.674	0.710	0.774
ZTIKEI2: hills with steep slope and medium elevation			-0.079
ZTIKEI3: gentle slope area			-0.055
ZTIKEI4: plateau area			0.141
ZFSIZE90: average farm size	-0.273	-0.140	-0.301
ZLFSI90: logarithm of average farm size			0.253
ZLBSI90: logarithm of average farm product / farm hh			0.253
ZINTEN90: farm product per farm size			-0.200
ZFULL90F: % of full-time farm household			0.154
ZPAR290F: % of part-time farm household	-0.658	-0.362	-0.194
ZFAMILY9: average number of family member	0.630	0.315	0.222
ZEMP90H: number of employee per household			0.065
ZURFAR90: non-farm-household ratio			-0.064
ZLCAR90I: number of cars per unit area			-0.094
ZPRI90TE: % of employees in primary industry			-0.088
ZDAYP90: daytime-population ratio			0.020

Note: The stepwise method is applied to CASE1 and CASE3.

CASE3：市町村レベルの農地モデルでは、16 指標がステップワイズ法によって選択された。上記 CASE1 で選択された 4 指標はいずれも、このモデルでも選択された。また、その係数の符号も一致した。一般に、サンプル数が大きくなると、ベータの値が小さい指標も選択される。このため、多くの説明変数を伴ったモデルとなる。CASE3 で選択された指標の係数の符号は期待された符号とおおむね一致するが、中には、たとえば、第 1 次産業就業者率 (ZPRI90TE) のように、期待とは反対の符号を持った指標もみられる。しかも、モデルの決定係数はあまり大きく改善されない (from 0.711 to 0.758)。

3.5.3 考察—単層モデルの問題点—

技術的な方法(ステップワイズ法)によって、モデル変数を選択したが、県モデルで選択された指標は市町村モデルでも選択された。また、3 つの CASE で係数の符号は一致しており、極端な矛盾はみられなかった。しかし、係数の大きさは大きく異なっており、要因の強度を比較する場合には、スケール効果の問題が顕著に現れる。

従来の単層回帰モデルによっても、求められた係数をおおむね合理的に解釈することができた (CASE3)。しかしながら、ある地域で効果の大きい要因が他地域では効果が小さい場合もある。単層モデルでは、そのような地域的特性が平均化される。一方、本研究では、日本全体を対象地域としているために、多様な地域性を持ったサンプルが含まれる。このような場合には、単層モデルが捕捉できない情報量は大きい。場合によっては、符号の逆転も起こりうる。ここに、グローバルな地域に単層回帰モデルを適用する限界がある。

3.6 マルチレベルモデルによる分析

3.6.1 マルチレベルモデルについて

1 変数 (x_{1ij}) の単層回帰モデルは下式で示される。ここに i は県レベル、 j は市町村レベルの添え字である。残差項 e_{0ij} の平均値は 0, x_{0ij} の値はすべて 1 である。

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \text{CONSTANT} + \text{SLOPE} \times x_{ij} + \text{RESIDUAL} \\ &= \beta_0 + \beta_1 x_{1ij} + e_{0ij} = (\beta_0 + e_{0ij}) x_{0ij} + \beta_1 x_{1ij}, \quad \dots\dots\dots(3.1) \\ \text{where } x_{0ij} &= 1 \ (i=1, \dots, n_i, j=1, \dots, 47). \end{aligned}$$

一方、上記のモデルをマルチレベルモデルで表現すると次式になる。マルチレベルモデルでは、各パラメータは固定成分 (β) とランダム成分 (レベル 2 の u_j とレベル 1 の e_{ij}) の和で表現される。ランダム成分の平均値は 0 である。たとえば、県 k の u_{1k} は、 x_{1ik} の傾き β_{1k} が全サンプルの平均的な傾き β_1 からどれだけ離れているかを示している。また、残差項の分散 (σ_{uj} , σ_{eij}) の大きさは、ランダム成分の貢献度を示している。

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \beta_{0ij}x_{0j} + \beta_{1j}x_{1ij} = (\beta_0 + u_{0j} + e_{0ij})x_{0ij} + (\beta_1 + u_{1j})x_{1ij} \\ &= \{\beta_0x_{0ij} + \beta_1x_{1ij}\} + \{e_{0ij}x_{0ij} + u_{0j}x_{0ij} + u_{1j}x_{1ij}\} \\ &= \{FIXED PART\} + \{RANDOM PART\}, \end{aligned} \quad \dots\dots(3.2)$$

$$\text{where, } \beta_{0ij} = \beta_0 + u_{0j} + e_{0ij}, \beta_{1j} = \beta_1 + u_{1j}.$$

もしも、残差項 u_0 と u_1 の間に正または負の相関がある場合には、県別の回帰直線は図 3.3 のようになる。

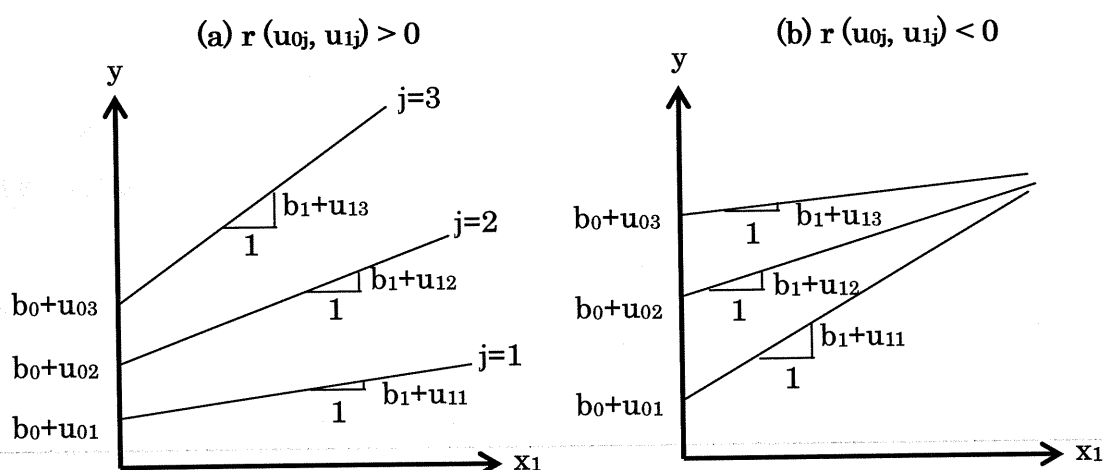


図 3.3 残差項 (u_{0j} と u_{1j}) の間に相関がある場合のレベル 2 の単位別回帰直線

3.6.2 マルチレベルモデルの適用結果

市町村レベルと県レベルの 2 階層マルチレベルモデルを適用した。変数の選択方法は以下の手順に従った。上記 CASE3 で選択された指標の中で、比較的大きな β を示す指標を選択した。各指標グループ毎にもっとも回帰係数の大きな指標を一つずつ選択した。なお、集約度の回帰係数は有意でなかったため、分析から除外した。レベル 2 の残差項の分散が小さい場合には、マルチレベルで分析する意義が小さい。このような指標は U_j を設定しなかった。

表 3.5 は 2 階層農地モデルの結果を示している。係数の小さかった指標はモデルから除外した。単層モデルの場合と同様、固定係数の中では平坦・低地を示す地形成分の係数がもっとも大きかった(ZTIKEI1, 0.827)。基本的に農地面積は地形条件によって規定されている。経営的要因では、戸あたりの経営面積が大きくなるほど、農業への所得依存度が高くなるほど、農地面積が大きくなる傾向を示している。また、水田率が高くなるほど、農地率は高くなる。水田農業の安定性を示している。ただし、水田率自体も自然条件に規定されるので、自然条件による差が反映されている可能性がある。

3 節では、2 つの都市化成分の存在を明らかにしたが、その作用は対照的であった。市場志向性のある家族労働力の大きさは農地面積にプラスの効果を、混住化の水準はマイナスの効果を及ぼしていた。前者は、非農業所得を増大させて農家の家計を安定させる効果がある。また、同居する雇用者が農繁期に自家農業に従事することが可能である。これに対して、後者は、土地利用転換と経営規模の縮小・離農を促進するためであると考えられる。

表 3.5 2 階層マルチレベル農地モデルの結果

Factors which prescribing share of farmland area	Selected Indicators	Fixed parameter (std error)	Var. of the u_j (std. error)	Var. of the e_{ij} (std error)
	CONS: constant	0.040(0.081)	0.248(0.061)	0.154(0.004)
1) Natural conditions				
Physiographical conditions	ZTIKEI1: steep mountain vs. flat lowland	0.827(0.032)	0.041(0.010)	
2) Factors at farm level				
Farm / business size	ZLFSI90: logarithm of average farm size	0.231(0.053)	0.104(0.026)	
Intensity of farmland use	ZINTEN90: farm product per farm size	Excluded	Excluded	
Agricultural laborer	ZPRI90TE: % in the primary industry	Excluded	Excluded	
Type of farming	PAD90FL: paddy-field ratio / total farmland	0.137(0.098)	0.328(0.088)	
Income dependency	ZPAR290F: % of part-time farm household	-0.231(0.016)	-	
3) Factors at local level				
Market-oriented labor	ZFAMILY9: average # of family member	0.193(0.014)	-	
Rurbanization	ZURFAR90: non-farm-household ratio	-0.099(0.013)	-	
Multiple correlation coeff.				0.920

ランダム係数を設定した指標は4つである。その分散は、水田率と定数項で特に大きかった。レベル1のランダム係数 e_{ij} の分散は0.154であった。このことは、このマルチレベルモデルの決定係数が0.846、重相関係数が0.920であることを意味する。単層モデルのCASE3の指標数(16)よりも少ない指標(7)で高い適合度が得られた。

図3.4は、地形条件と農地面積の散布図と県別ラインのバリエーションを示している。定数項の分散が大きい(0.248)が、定数項とZTIKEI1の共分散は小さい(0.025)。このため、県別のラインは図の(b)のように切片だけが異なる平行線に近くなっている。

表3.6は、レベル2のランダム係数(the u_{js})の共分散行列と相関行列である。水田率と定数項のレベル2の残差項の相関係数は-0.715、水田率と経営規模のレベル2の残差項の相関係数は0.585であった。

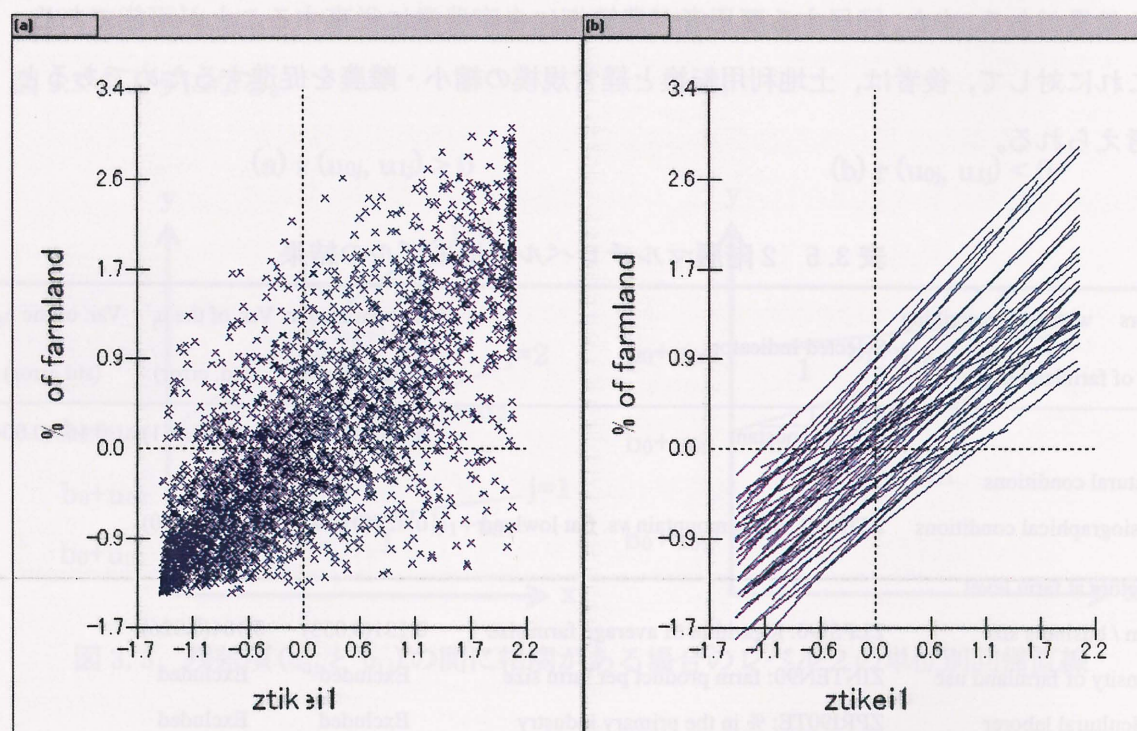


図3.4 地形条件と農地面積の散布図 (a) と県別ラインのバリエーション (b)

表3.6 レベル2のランダム係数 (the u_{js}) の共分散行列と相関行列

Selected Indicators	CONS	ZTIKEI1	ZLFSI90	ZURFAR90
CONS: constant	0.248 (r= 1.000)			
ZTIKEI1: steep mountain vs. flat lowland	0.025 (r= 0.244)	0.041 (r= 1.000)		
ZLFSI90: logarithm of average farm size	-0.028(r=-0.175)	-0.025(r=-0.384)	0.104(r= 1.000)	
PAD90FL: paddy-field ratio / total farmland	-0.204(r=-0.714)	-0.021(r=-0.180)	0.108(r= 0.585)	0.328 (r= 1.000)

3.7 U_{ij} と県レベルの社会経済的要因との関連性

最後に、レベル2の残差項の意味を検討する。県レベルの社会経済的要因に関わる指標データを作成した。データの単位は県、年次は1990年前後である。指標の分野（指標数）、社会基盤投資(17)、賃金および就業機会（9）、消費水準（4）、教育・文化・福祉（6）、農協の活動水準（6）、農村コミュニティ意識（9）、農業生産構造（4）、その他（9）である。これらの指標は表3.2に示した「県レベルの要因」に対応している。農村コミュニティ意識は、日本農村生活学会が1995年に実施したアンケート調査（4,840サンプル）を県別にブレイクダウンした結果を用いた。

このマルチレベルモデルは4個のレベル2残差項をもつ。これらの残差項を目的変数、上記の県別指標を説明変数として重回帰分析を適用した。ステップワイズ手順で変数を選択した。図3.5はその結果を示している。

定数項の残差項に対しては、有効な説明変数が得られなかったが、他の3つの残差項にはいくつかの指標を得た。

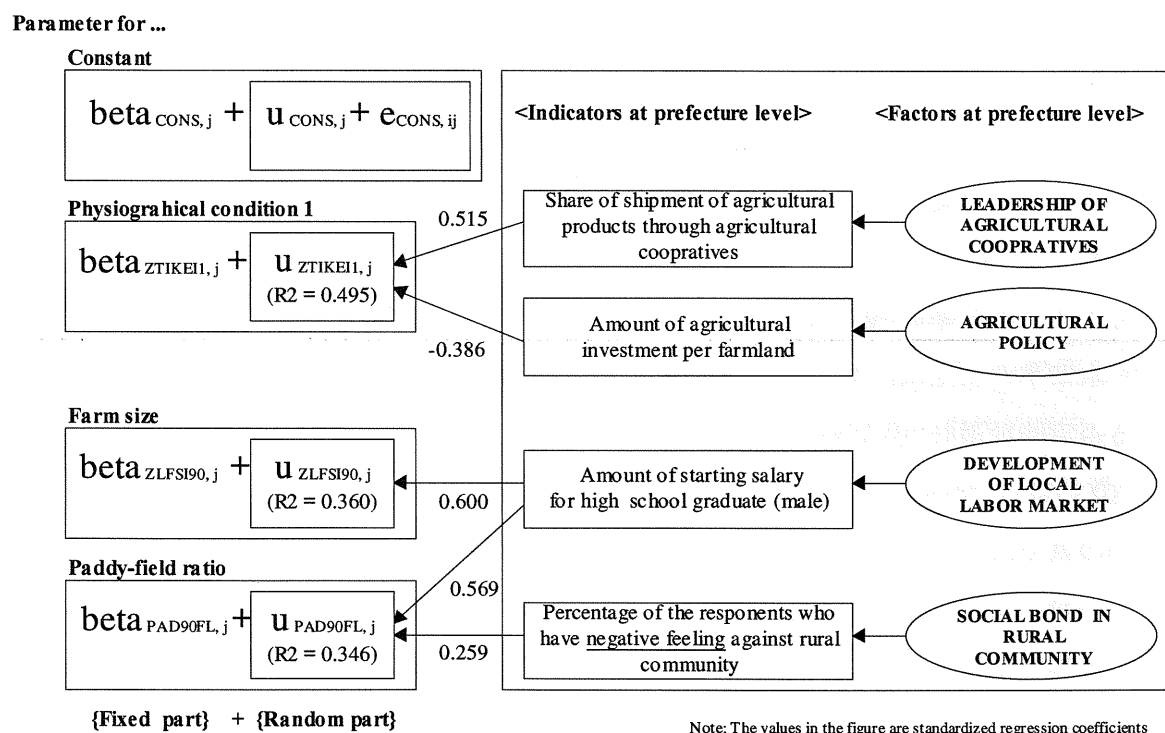


図 3.5 レベル2（県レベル）の残差項とその説明要因の関係

3.7.1 地形条件の残差項

地形条件の残差項に対して、農協を経由して出荷する農産物のシェア(0.515)と農地面積あたりの農業投資額(-0.386)が選択された。農協を経由して出荷する農産物のシェアは農協のリーダーシップを示している。農協のリーダーシップがしっかりしている県では、農家は安心して生産に専念することができる。このような県では、農家がコントロールできない地形条件の影響力が結果的により強く農地面積に作用していることが推察される。

また、農業投資の中心は生産基盤整備である。そして、この目的は、土地条件の高位平準化にある。農業投資に重点を置いている県で土地条件の影響力が比較的小さいことは、まったく同意できる。

3.7.2 経営規模の残差項

経営規模の残差項に対して、高卒男子の初任給(0.600)が選択された。この指標は、労働力市場の展開の水準を示している。労働市場が発達している県では、農家の家族労働力に関して、自家農業と非農業部門の間の競合がより厳しくなる。このような県で、農業所得と関連の強い経営規模の要因が一層強く農地面積を規定していることは納得できる。ただし、いくつかの県では、残差項の値が大きなマイナスの値をとり、農地モデルの経営規模の傾き($\beta + u_{ij}$)もマイナスになっている。

3.7.3 水田率の残差項

水田率の残差項に対しては、高卒男子の初任給(0.569)と農村コミュニティに対する否定的な選好(0.259)が選択された。なお、上のケースと同様、固定パラメータ値(0.137)と比べて残差項の変動(分散 0.328, 標準偏差 0.572)が大きいので、いくつかの県では、農地モデルでの水田率の傾きが逆転する。

一般に家族労働力が不足する場合、労働投入の必要な畑地から放棄される。一方、水田農業は機械化が進んでいるため、省力化が可能である。したがって、労働市場が発達し、農村コミュニティの紐帯が弱くなって、農家の労働力が流出しても、農家は水稻作ならば省力化によって農地を維持することが可能である。よって労働市場が展開した県では、水田農業地帯で農地面積率がより高い。

一方、労働市場が比較的未発達で、農村コミュニティの紐帯が強い県では、第1次産

業への依存度が一般に大きい。我が国では、国の生産調整政策と地形的制約によって水田面積は拡大できない。したがって、このような県内では、農業発展のために畑地開発が進んでいる。ために、水田率の低い畑地農業地帯で農地面積率が高くなる。

レベル2の残差項に対する回帰分析の結果を考察した。回帰係数に対する上記の解釈は、十分な検証過程を経ていない。しかも、残差項は、元の農地モデルに依存しているため、その意味はモデル毎に異なるであろう。

しかし、図に示したように、農協のリーダーシップ、農業投資の水準、労働市場の展開度、農村コミュニティの紐帯の強さなどの地域レベルの社会経済的要因が実は残差項に反映されていたという事実はきわめて重要である。残差項は全体からみるとランダムではあるが、それは、地域の個性を示しているのである。このことは、マルチレベルモデルの有用性を強く示唆している。

3.8 総括

3.8.1 マルチレベルモデルを適用する意義

マルチレベル・モデリング・アプローチは、単層モデルよりも少数の指標から精度のより高いモデルを構築できるだけでなく、単層モデルでは捨象された地域特性を汲み上げることに成功している。グローバルな地域の中には、様々な個性を持った地域が含まれる。マルチレベルモデルは、地域特性を考慮したグローバルな土地利用モデルを構築するために、期待しうる手法であると考えられる。

本論では市町村レベルと県レベルの2階層モデルを適用した。グローバルな範囲を対象とするならば、国家レベルを追加する必要があるだろう。ミクロレベルの自然的要因、セミマクロレベルの社会・経済的要因、マクロレベルの制度・政策的要因を一つのモデルの中で適切に評価できる点がマルチレベルモデルの長所である。

3.8.2 日本における農地規定要因

県レベル単層モデル、市町村レベルの単層モデル、市町村-県の2階層モデルのいずれにおいても、地形要因が農地面積のシェアを決定する中心的要因であった。2つの都市化成分（兼業化と混住化）を明らかにしたが、これらの要因は、農地面積に対して異なる作用を及ぼしていた。市町村レベルのデータに対して、マルチレベルモデルのレベ

ル2の残差項を目的変数、県レベルの社会経済的要因を説明変数とする回帰分析を行ったところ、農協のリーダーシップ、労働市場の展開水準、農業投資の水準、農村コミュニティの紐帯の強さなどの地域レベルの社会経済的要因が農地面積を左右することが明らかになった。

参考文献

- H. Goldstein (1995): Multilevel Statistical Models, Second Edition, Edward Arnold, 1-46.
- H. Goldstein et al. (1998): A user's guide to MLwiN, Multilevel Models Project, Institute of Education, University of London, 5-59.
- S. Hoshino (1996): Statistical Analysis of Land-use Change and Driving Forces in Kansai District, Japan, WP-96-120, International Institute for Applied Systems Analysis, 1 - 40.
- S. Hoshino (1999): Statistical Analysis on Factors in Farmland / Urban Land-use Change in Japan (1975 - 1990), Proceedings of 1999 NIES Workshop on Information Bases and Modeling for Land Use and Cover Changes Studies in East Asia, National Institute for Environmental Studies.

第4章 1/10 細分区画土地利用データを用いた香川県の宅地化モデル

香川大学工学部

守田秀則

4.1 はじめに

土地利用の変化は、その土地の持つ自然条件や社会経済的条件、すなわち立地条件により決定されると考えられる。既往の土地利用モデル研究を対象としている空間単位でみると、県や市町村を集計単位としたマクロなものから、10m メッシュのような狭小な空間を集計単位としたミクロなものまで幅広い。土地の性質上、土地条件（立地条件）はわずかな位置の違いで異なってくる。したがって、それぞれの場所でどのような変化がおこっているかを詳細に分析するには、より小さい土地単位、すなわちミクロレベルでの分析が不可欠である。幸い、近年は、国土数値情報の 1/10 細分区画土地利用データが公表されており、1976 年、1987 年、1991 年、1997 年の 4 時点について、1/10 細分区画（1 辺約 100m のメッシュ）ごとの土地利用を知ることができる。

香川県における 1987 年から 1997 年の主な土地利用変化を 1/10 細分区画土地利用データでみた場合、宅地、高速道路、その他用地（ゴルフ場、テーマパーク、大規模公園、工業団地等）の増加が顕著であり、それらの用地の供給源としては水田と森林が主である。このうち、高速道路やその他用地の立地場所については、国土計画等の上位計画、用地買収や補償交渉等が大きく影響し、モデルで説明すること（すなわち、土地の自然条件や社会経済的条件等の客観的条件からこれらの立地場所を説明すること）は極めて困難であると考えられる。一方、宅地化に関しては、モデルによる分析が十分可能であると考えられる。

以上から、本章では、1/10 細分区画土地利用データを用いて、香川県における宅地化モデルの構築を試みる。

4.2 研究方法

4.2.1 データ

土地利用のデータとしては、国土数値情報の 1/10 細分区画土地利用データを用いる。通称 100m メッシュといわれるように、1 辺約 100m のメッシュデータである。年次は 1976 年、1987 年、1991 年、1997 年の 4 時点について公表されている。土地利用区分は

公表年次により若干の相違があり（表 4.1），変化を比較する際に不都合を生じる。そこで，本研究では表 4.2 に示す 10 区分に統一し，各年次のデータをこの統一基準で再分類したものを用いた。

表 4.1 国土数値情報における土地利用区分

コード	1976 年	1987 年	1991 年	1997 年
1	田	田	田	田
2	畑	畑	その他の農用地	その他の農用地
3	果樹園	果樹園	—	—
4	その他の樹木畑	その他の樹木畑	—	—
5	森林	森林	森林	森林
6	荒地	荒地	荒地	荒地
7	建物用地 A	建物用地	建物用地	建物用地
8	建物用地 B	—	—	—
9	幹線交通用地	幹線交通用地	幹線交通用地	幹線交通用地
A	その他の用地	その他の用地	その他の用地	その他の用地
B	湖沼	内水地	河川地及び湖沼	河川地及び湖沼
C	河川地 A	—	—	—
D	河川地 B	—	—	—
E	海浜	海浜	海浜	海浜
F	海水域	海水域	海水域	海水域
G	—	—	ゴルフ場	ゴルフ場

表 4.2 本研究における土地利用区分

本研究における土地利用区分	国土数値情報の土地利用コード
田	1
畑	2,3,4
森林	5
荒地	6
建物用地	7,8
幹線交通用地	9
その他の用地	A,G
河川地及び湖沼	B,C,D
海浜	E
海水域	F

土地利用変化の概要を見るために、1976 年と 1987 年の土地利用種別メッシュ数のクロス集計を行ったものを表 4.3 に示す。表に示す通り、建物用地から田へ変化したメッシュ数が 1,233 メッシュ、河川湖沼から田へ変化したメッシュ数が 235 メッシュ等、現実と大きく乖離した数値となっている。この疑問を追求するためにこの期間の土地利用変化を空間表示したものが図 4.1 および図 4.2 である。両図から明らかなように、宅地から田へ変化したメッシュは高松近郊の水田と宅地が混在しているエリアに多くみられる。このエリアでこの期間に宅地から水田に土地利用変化が起こるということは有り得ない。また、両図から読みとれるように、この期間の変化の多いエリアと少ないエリアが明確に分かれているが、この境界が 5 万分の 1 の地形図の図葉界と一致している。この点も現実離れしている。以上から、この期間のデータは分析に用いるには問題が大きすぎるといえる。

表 4.3 1976 年と 1987 年の土地利用種別メッシュ数のクロス集計

	1987	田	畑	森林	荒地	建物 用地	幹線交 通用地	その他 の用地	河川及 び湖沼	海浜	海水域	合計
1976												
田	40,321	613	1,063	69	1,154	74	171	311	3	5	43,784	
畑	338	14,275	1,287	111	225	11	109	42	6	8	16,412	
森林	586	902	86,907	574	163	8	372	145	63	75	89,795	
荒地	30	93	681	1,063	41	0	156	56	79	32	2,231	
建物用地	1,233	416	146	10	9,784	40	173	39	5	28	11,874	
幹線交通用地	49	5	11	0	78	301	10	3	1	3	461	
その他の用地	152	117	287	128	820	46	3,479	56	7	30	5,122	
河川及び湖沼	235	34	116	27	99	10	68	4,454	2	28	5,073	
海浜	3	4	29	4	12	0	6	3	97	18	176	
海水域	3	5	38	32	42	2	131	15	20	732	1,020	
合計	42,950	16,464	90,565	20,18	12,418	492	4,675	5,124	283	959	175,948	

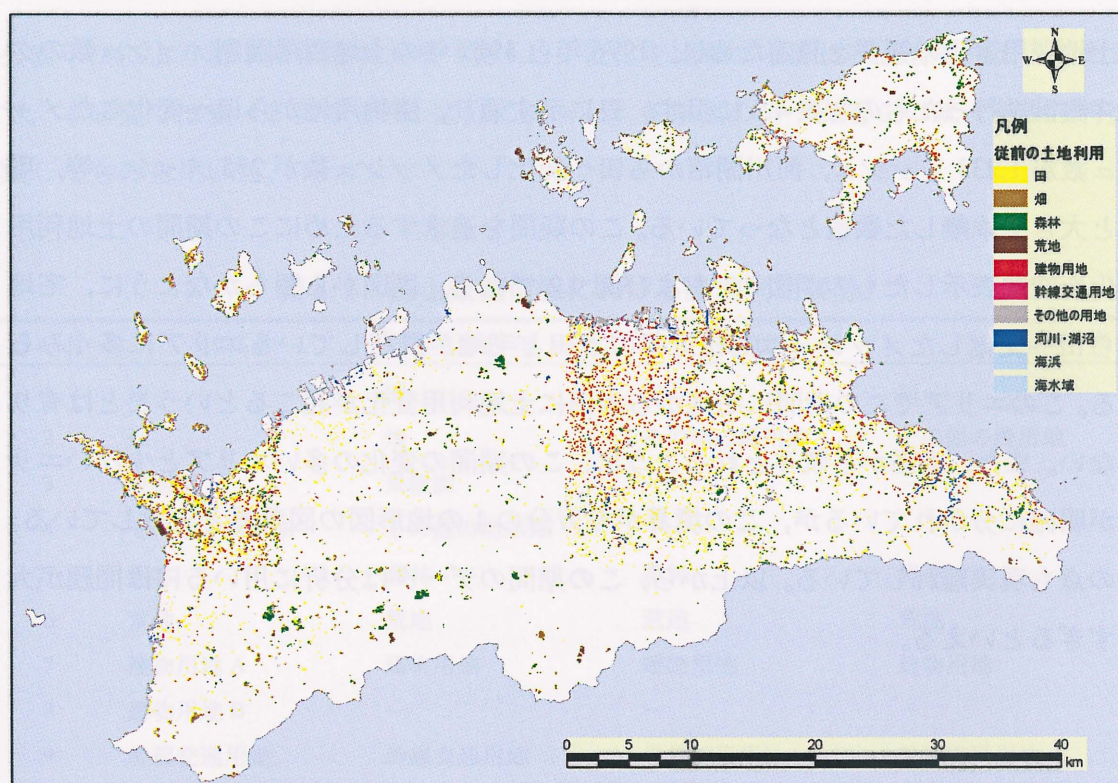


図 4.1 1976-1987 年の土地利用変化（従前の土地利用）

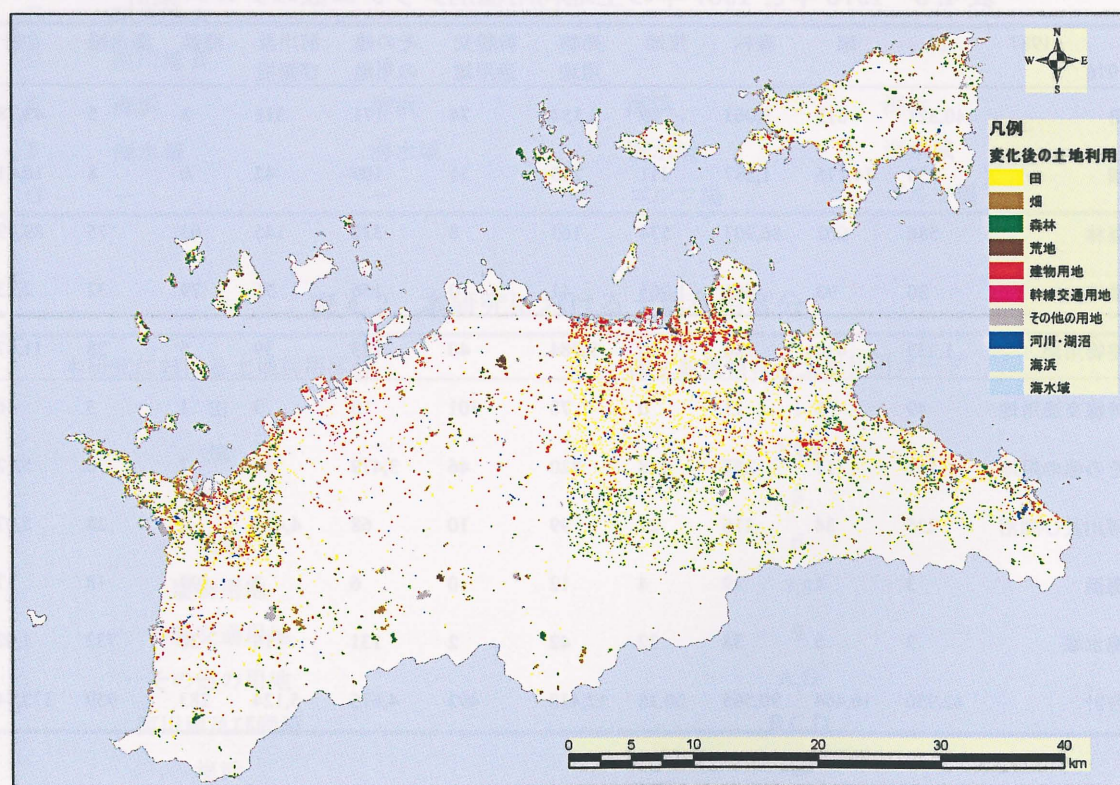


図 4.2 1976-1987 年の土地利用変化（変化後の土地利用）

次いで、1987 年と 1997 年の土地利用種別メッシュ数のクロス集計を行ったものが表 4.4 である。表から読みとれる通り、前述の 1976-1987 年の変化と異なり、特に問題が認められるようなデータとはなっていない。空間的な分布を確認した結果（後述）も、特に問題は認められなかった。

以上から、1976 年のデータは分析に供するには問題が多すぎると考えられるため、1987 年と 1997 年の 2 時点のデータを用いて、この期間の宅地化を分析の対象とすることとした。分析の空間的範囲は香川県全域とした。

表 4.4 1987 年と 1991 年の土地利用種別メッシュ数のクロス集計

1987	1997	田	畑	森林	荒地	建物 用地	幹線交 通用地	その他 の用地	河川及 び湖沼	海浜	海水 域	合計
田		39,993	252	3	3	1,256	392	986	65	0	0	42,950
畑		193	15,548	2	11	174	170	352	14	0	0	16,464
森林		331	509	88,183	223	161	162	937	57	2	0	90,565
荒地		39	36	0	1,617	27	7	280	9	0	3	2,018
建物用地		1	3	0	1	12,342	44	26	1	0	0	12,418
幹線交通用地		0	0	0	0	2	481	9	0	0	0	492
その他の用地		0	14	0	1	217	44	4,388	10	0	1	4,675
河川及び湖沼		9	7	0	1	26	20	80	4,981	0	0	5,124
海浜		0	0	0	1	0	1	5	0	274	2	283
海水域		0	3	0	0	15	1	150	0	1	789	959
合計		40,566	16,372	88,188	1,858	14,220	1,322	7,213	5,137	277	795	175,948

4.2.2 方法

香川県内の各 100m メッシュが期間中（1987 年から 1997 年）に宅地化する確率を当該メッシュ、および、周辺メッシュの情報より説明するモデルの構築を試みることとする。メッシュ単位での宅地化の観測値としては、1（期間内に宅地化した場合）、0（期間内に宅地化しなかった場合）の 2 値となる。本研究ではこのような場合の回帰手法として適している二項ロジットモデルを適用することとする。モデルは以下の 4.1～4.3 式で表される。

$$P_{1j} = \frac{\exp(V_j)}{1 + \exp(V_j)} \quad (4.1)$$

$$V_j = \sum_i \beta_i \cdot X_{ij} + C \quad (4.2)$$

$$P_{0j} = 1 - P_{1j} \quad (4.3)$$

但し、

P_{1j} : 従属変数が 1 をとる (メッシュ j が期間内に宅地化する) 確率

P_{0j} : 従属変数が 0 をとる (メッシュ j が期間内に宅地化しない) 確率

X_{ij} : メッシュ j の i 番目の属性値 (説明変数)

β_i : 説明変数 i に関するパラメータ

C : 定数項

説明変数として、地形、地質、および、期首 (1987 年) の人口と土地利用を用いる。

4.3 分析結果

4.3.1 香川県の土地利用変化の概況

図 4.3 に香川県の 1997 年現在の土地利用種別シェアを示す。森林が 51% と過半を占める。次いで、水田 23%、畑 (水田以外の農地) 9% の順となっている。これら (すなわち農林地) で全体の 83% を占めている。以下、建物用地 8%、その他の用地 4%、河川湖沼 3% が続いている。その他の用地の内訳としては、ゴルフ場、テーマパーク、公園、空港、自衛隊演習所、工業団地、石油化学コンビナート等である。図 4.4 に 1997 年の土地利用図を示す。

表 4.5 および図 4.5 に 1987 年から 1997 年の 10 年間における土地利用変化を土地利用が変化したメッシュの数で示す。表 4.5 から読みとれる通り、10 年間で 5,183 メッシュにおいて土地利用が変化している。香川県全土のメッシュ数が 175,948 であるので、 $5,183/175,948=2.95\%$ で土地利用が変化したということになる。10 年間の変化量としては決して少ない量ではないといえる。

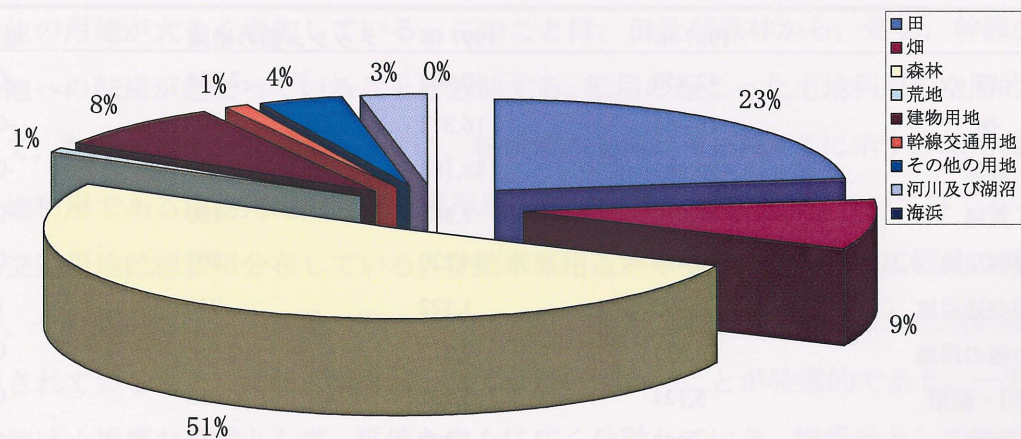


図 4.3 1997 年における香川県の土地利用種別シェア

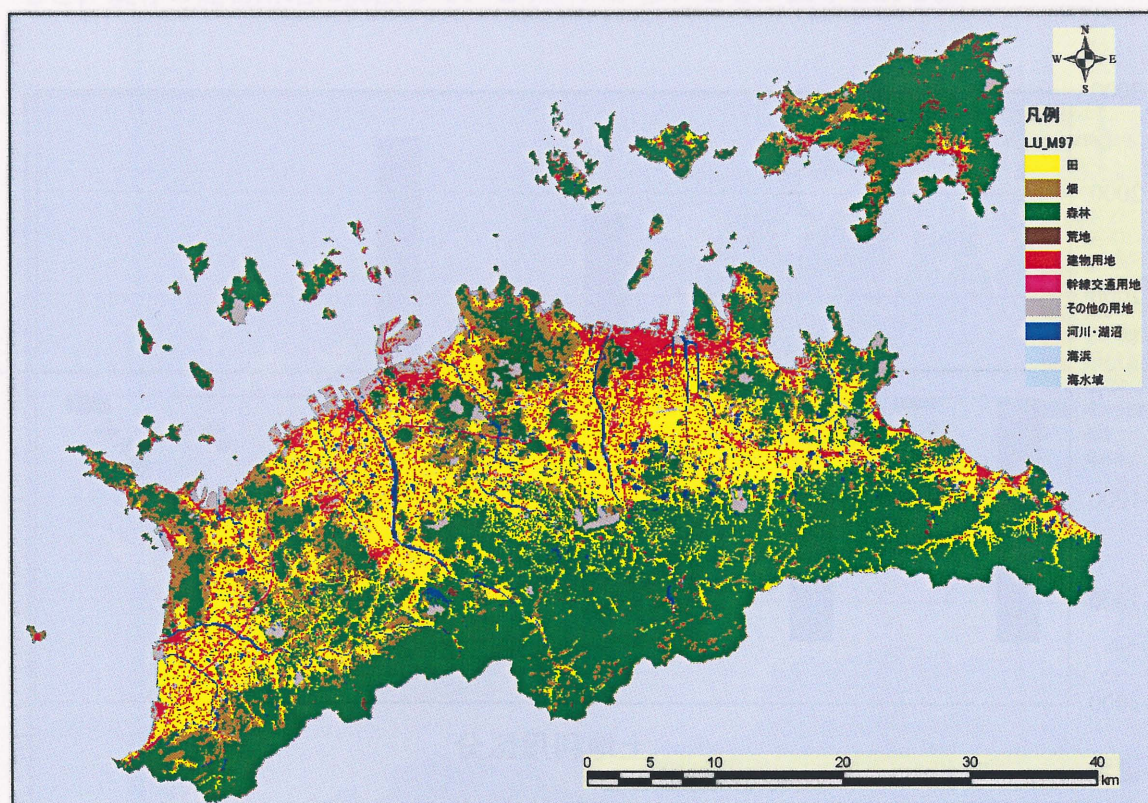


図 4.4 1997 年の土地利用

表 4.5 1987-1997 年の土地利用変化（土地利用種別メッシュ数の変化）

	1987 年	1997 年	メッシュ数の増減	増減率
田	42,950	40,566	-2,384	-0.056
畑	16,464	16,372	-92	-0.006
森林	90,565	88,188	-2,377	-0.026
荒地	2,018	1,858	-160	-0.079
建物用地	12,418	14,220	1,802	0.145
幹線交通用地	492	1,322	830	1.687
その他の用地	4,675	7,213	2,538	0.543
河川・湖沼	5,124	5,137	13	0.003
海浜	283	277	-6	-0.021
海水域	959	795	-164	-0.171

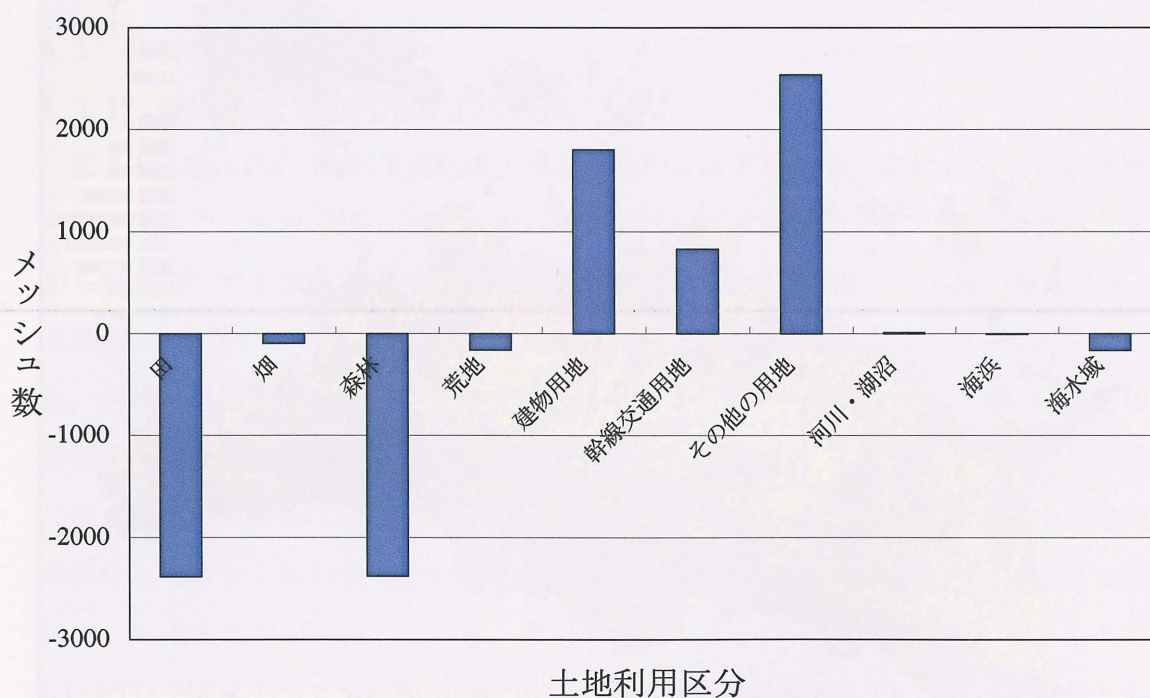


図 4.5 1987-1997 年の土地利用変化（土地利用種別メッシュ数の変化）

土地利用種別の増減をみると、田及び森林が大きく減少し、建物用地、幹線交通用地、その他の用地が大きく増加している。このことは、田及び森林から、建物、幹線交通、その他への転用が起こっていることを意味する。転用の起こった土地利用の空間的分布として、転用後の土地利用を図 4.6 に、転用前の土地利用を図 4.7 に示す。転用後の主な土地利用である建物用地、幹線交通用地、その他の用地の分布についてみると、幹線交通用地は線状に分布している。自動車専用道が中心であり、一部広幅員の県道を含む。その他用地はゴルフ場、テーマパーク等であり、比較的まとまった土地が塊状に転用されていること、また、転用元としては森林が多いことが特徴的である。一方、建物用地は小規模な点状として、平地を中心に広く分散している。転用元としては田が圧倒的に多い。図 4.8 は 1987 年の土地利用を背景とし、1987 年から 1997 年の間に土地利用変化のあったメッシュを黒色で示したものである。その他の用地として塊状に変化している部分は森林の前線部に多いという特徴が読みとれる。また、建物用地に変化しているメッシュは図 4.6 からは、点状に分散しているとしか読みとれないが、図 4.8 をみると、既存の建物用地に隣接しているケースが多いことが読みとれる。

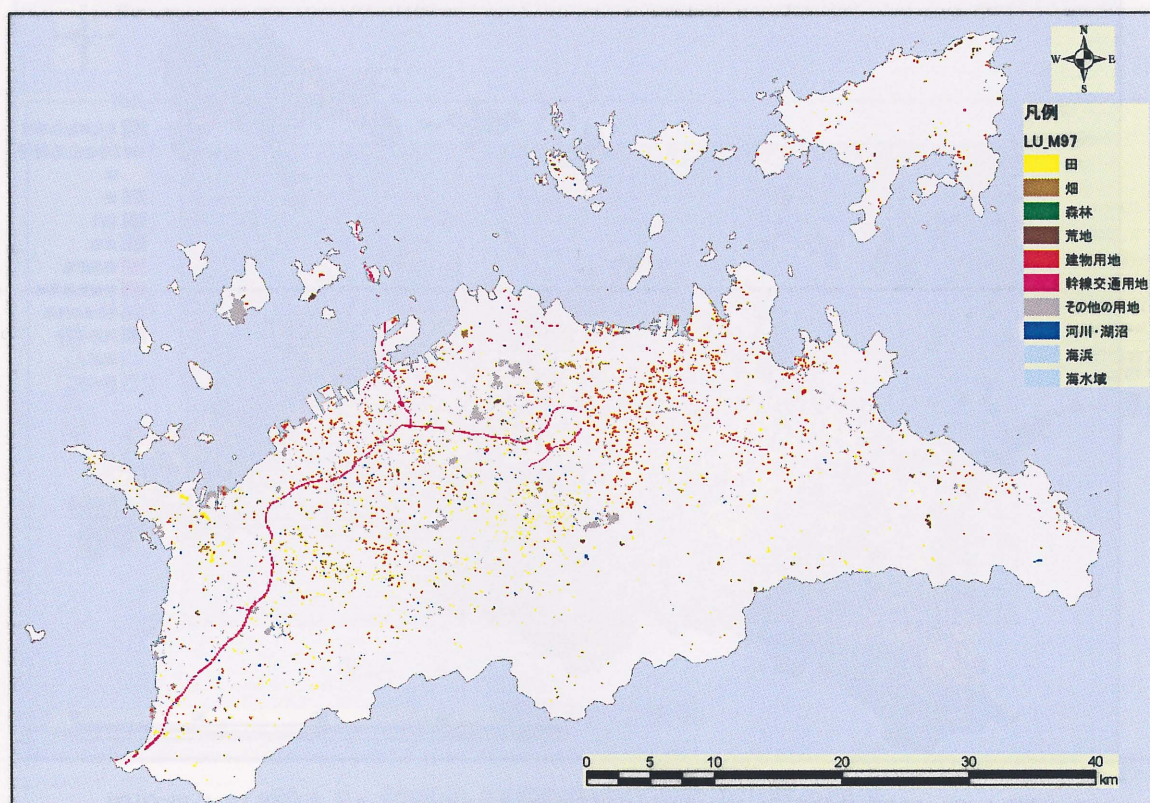


図 4.6 1987-1997 年の土地利用変化 (変化後の土地利用)

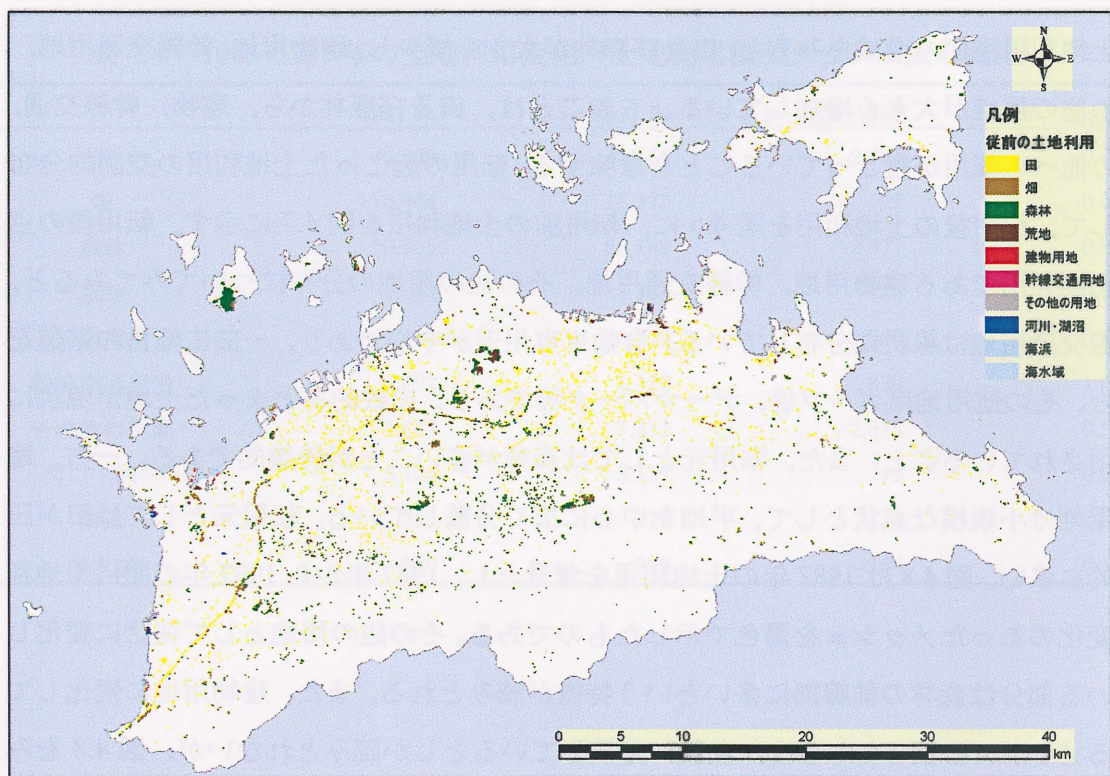


図 4.7 1987-1997 年の土地利用変化（従前の土地利用）

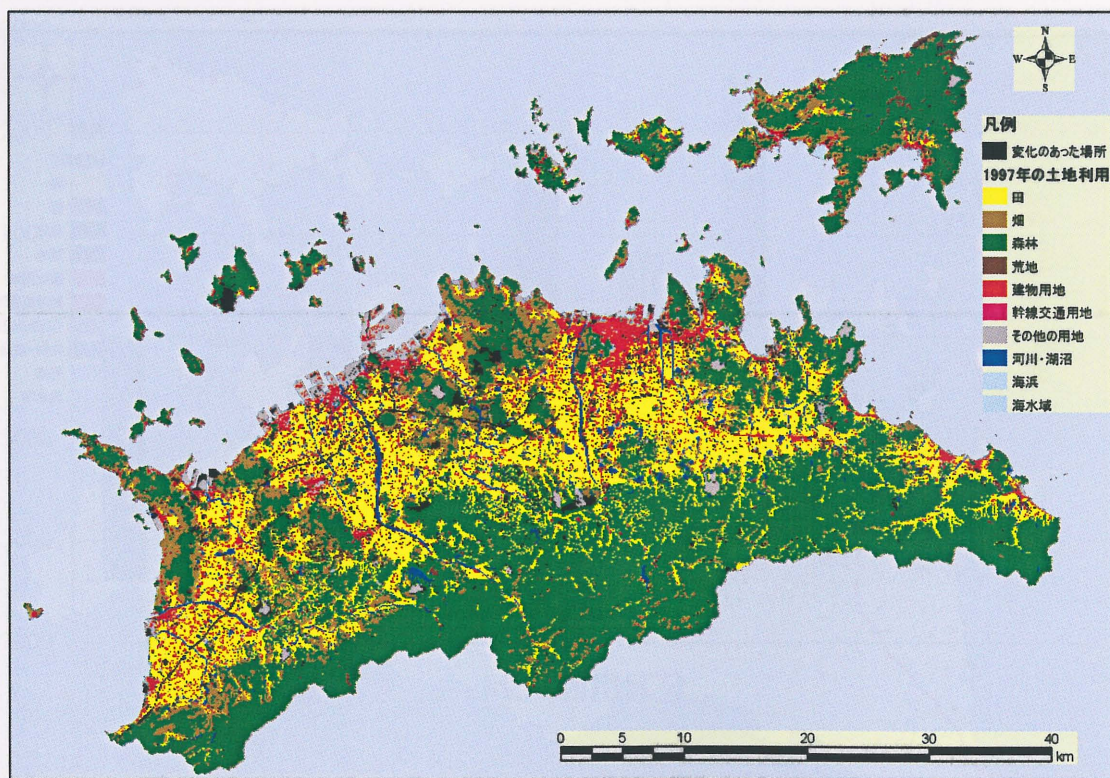


図 4.8 1987-1997 年に土地利用変化のあったメッシュと周辺土地利用

4.3.2 地形条件と宅地化の関係

地形条件の指標としてはメッシュの標高と傾斜を用いた。まず、標高と宅地化率の関係を確認するために、1987 年時点で宅地であったメッシュを除く全メッシュを標高に基づき 30 等分（個数ベースの等分）にランク区分し、ランクごとの期間中の宅地化率（宅地化したメッシュ数／同ランクの全メッシュ数）を算出した。傾斜についても全く同様の処理を行った。結果を図 4.9 に示す。図から明らかなように、標高および傾斜と宅地化率との間には明確な負の関係があることが確認された。

次いで、標高と傾斜のみで宅地化をどの程度説明できるかを確認するために、1987 年から 1997 年における、宅地化の有無を従属変数、当該メッシュの高および傾斜を説明変数としたロジット回帰を行った。

標高と傾斜の相関係数 r は 0.635 であり、さほど強い相関関係にはなかった。ロジット回帰の結果を表 4.6 に示す。有意確率および Wald 統計量から、両変数とも高い説明力を持つものと解釈される。表 4.6 の説明変数とパラメータを用いた二項ロジットモデルによる宅地化確率の推計結果を図 4.10 に示す。

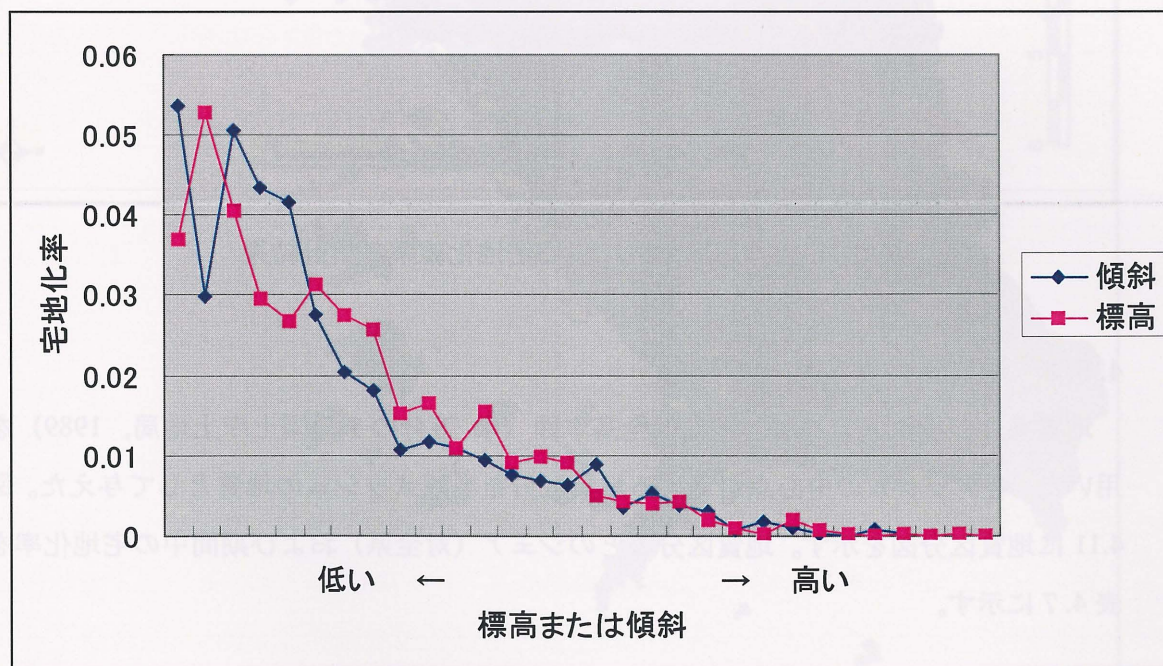


図 4.9 標高および傾斜区分と宅地化率の関係

表 4.6 地形に関するロジットモデルのキャリブレーション

	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
標高(m)	-0.00987	0.000804	150.7	0	0.990174
傾斜(度)	-0.15923	0.10776	218.3	0	0.852803
定数	-1.3851	0.041838	1096.0	0	0.250298

$$\rho^2 = 0.191$$

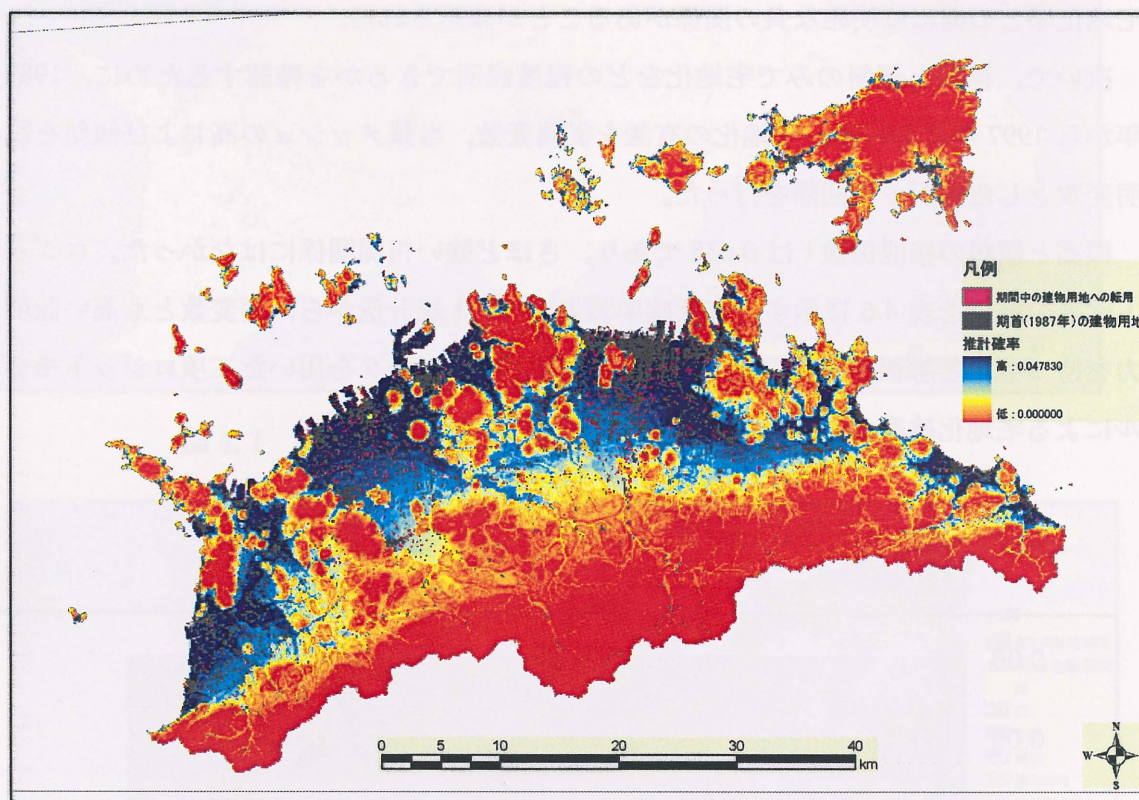


図 4.10 地形条件による宅地化確率の集計結果

4.3.3 地質条件と宅地化の関係

地質条件の指標としては、土地保全基本図（10 万分の 1，国土庁土地局，1989）を用いた。各メッシュの中心点が属する地質区分を当該メッシュの地質として与えた。図 4.11 に地質区分図を示す。地質区分ごとのシェア（対全県）および期間中の宅地化率を表 4.7 に示す。

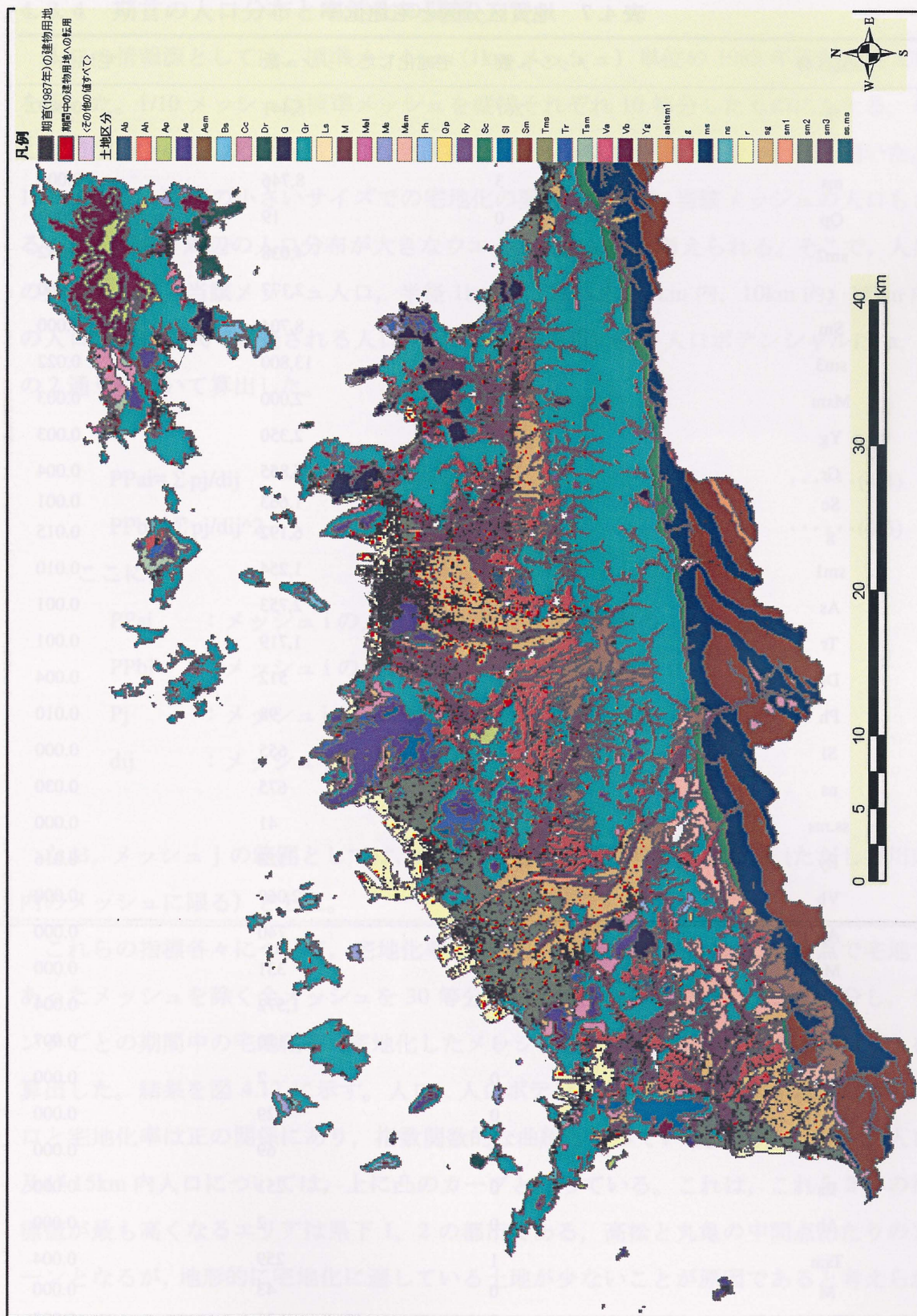


図 4.11 地形区分図

表 4.7 地質区分図と宅地化率

地質区分	メッシュ数	宅地化したメッシュ数	宅地化率
sg	267	5,441	0.049
Cc	24	2,383	0.010
ms	3	8,746	0.000
Qp	0	19	0.000
sm2	170	4,038	0.042
r	130	2,177	0.060
Sm	1	8,704	0.000
sm3	304	13,800	0.022
Msm	5	2,000	0.003
Yg	7	2,350	0.003
Gr	157	35,855	0.004
Sc	1	1,663	0.001
g	95	6,192	0.015
sm1	12	1,254	0.010
As	3	2,753	0.001
Tr	1	1,719	0.001
Dr	2	512	0.004
Ph	1	98	0.010
Sl	0	655	0.000
ns	20	675	0.030
ss.ms	0	41	0.000
Ry	2	123	0.016
Vb	1	2,069	0.000
Ap	0	740	0.000
Ms	0	331	0.000
G	7	1,572	0.004
Ab	1	150	0.007
Va	0	2	0.000
aaltsm1	0	129	0.000
asm	0	69	0.000
Bs	0	251	0.000
Ah	0	2	0.000
Tsm	1	259	0.004
M	0	43	0.000
Tms	0	32	0.000
Mel	1	34	0.029

4.3.4 期首の人口分布と宅地化の関係

人口の情報源としては、標準メッシュ（1km メッシュ）単位の 1985 年国勢調査人口を用いた。1/10 メッシュは標準メッシュを縦横それぞれ 10 等分したものに当たる。そこで、1/10 メッシュの人口としては、当該標準メッシュ人口を 100 で割った値を用いた。1/10 メッシュ程度の小さいサイズでの宅地化の要因としては、当該メッシュの人口もさることながら、周辺の人口分布が大きなウェイトを占めると考えられる。そこで、人口の指標として、当該メッシュ人口、半径 1km 内、2km 内、5km 内、10km 内、15km 内の人口、及び次式で定義される人口ポテンシャルを用いた。人口ポテンシャルは a, b の 2 通りについて算出した。

$$PP_{ai} = \sum p_j / d_{ij} \quad \dots\dots(4.4)$$

$$PP_{bi} = \sum p_j / d_{ij}^2 \quad \dots\dots(4.5)$$

ここに、

PP_{ai} : メッシュ i の人口ポテンシャル a（距離の 1 乗）

PP_{bi} : メッシュ i の人口ポテンシャル b（距離の 2 乗）

p_j : メッシュ j の人口[人]

d_{ij} : メッシュ i, j 間の直線距離[km]

なお、メッシュ j の範囲としては、 $d_{ij} < 25\text{km}$ を満たす全てのメッシュ（ただし香川県内のメッシュに限る）とした。

これらの指標各々について、宅地化率との関係をみるために、1987 年時点で宅地であったメッシュを除く全メッシュを 30 等分（個数ベースの等分）にランク区分し、ランクごとの期間中の宅地化率（宅地化したメッシュ数／同一ランクの全メッシュ数）を算出した。結果を図 4.12 に示す。人口、人口ポテンシャル、及び、2km 以内までの人口と宅地化率は正の関係にあり、指数関数的な曲線となっている。一方、10km 内人口及び 15km 内人口については、上に凸のカーブとなっている。これは、これら 2 つの指標値が最も高くなるエリアは県下 1, 2 の都市である、高松と丸亀の中間点あたりのゾーンとなるが、地形的に宅地化に適している土地が少ないことが原因であると考えられる。以上から、10km 内人口、及び 15km 内人口は適切な指標となり得ない可能性がある。

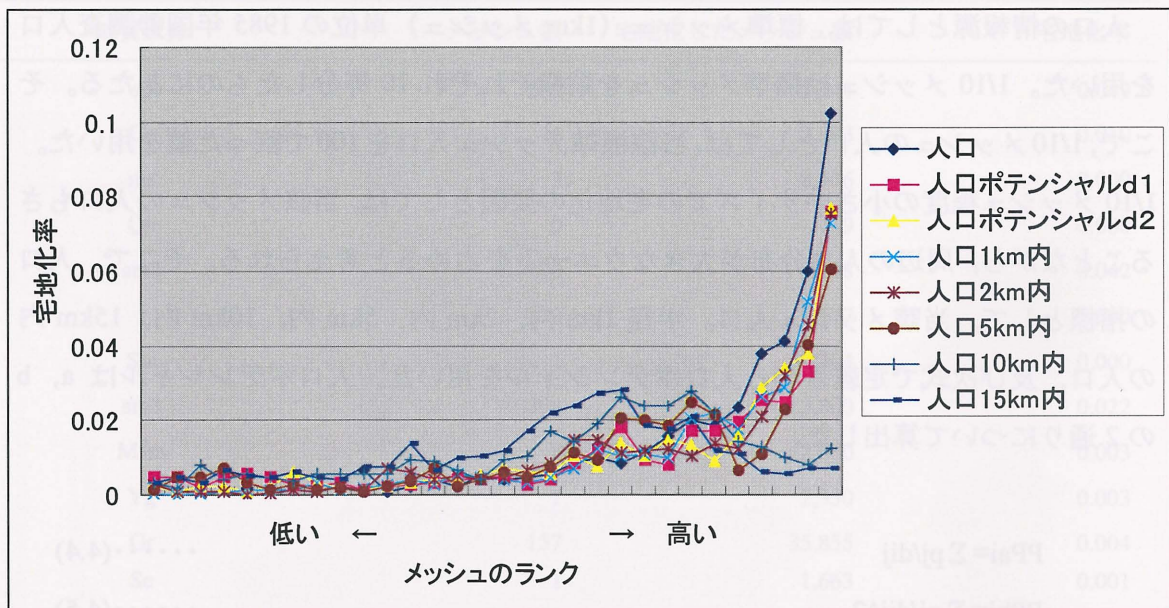


図 4.12 人口関連指標と宅地化の関係

期首の人口分布のみで宅地化をどの程度説明できるかを確認するために、1987 年から 1997 年における、宅地化の有無を従属変数、上述の人口関連指標を説明変数としたロジット回帰を行った。説明変数間の相関行列を表 4.8 に示す。全体的に相関がかなり高く、少数の指標で代表させた方がよいことが示唆される。これらの人口関連指標全てを説明変数として、変数減少法によるロジット回帰を行った。結果を表 4.9 に示す。やはり、説明変数間の相関が高いため、係数の符号条件に問題がある。また、各説明変数の Wald 統計量も小さい。そこで、いわゆる対話型変数増減法に切り替えて試行錯誤的に何度かモデルを走らせた結果、表 4.10 のモデルを得た。これは、説明変数として、メッシュ人口と人口ポテンシャル（距離関数は距離の 1 乗）の 2 変数のみを用いるものであるが、適合度指標を見ても表 4.9 と大差ない。表 4.10 の説明変数とパラメータを用いたロジットモデルによる宅地化確率の推計結果を図 4.13 に示す。

表 4.8 人口関連指標の相関行列

	メッシュ人口	1km内人口	2km内人口	5km内人口	10km内人口	15km内人口	人口ポテンシャル(d^1)	人口ポテンシャル(d^2)
メッシュ人口	1.000	0.783	0.981	0.449	0.195	0.151	0.531	0.668
1km内人口	0.783	1.000	0.930	0.627	0.277	0.222	0.747	0.926
2km内人口	0.681	0.930	1.000	0.749	0.349	0.287	0.846	0.977
5km内人口	0.449	0.627	0.749	1.000	0.646	0.566	0.942	0.844
10km内人口	0.195	0.277	0.349	0.646	1.000	0.914	0.749	0.484
15km内人口	0.151	0.222	0.287	0.566	0.914	1.000	0.679	0.414
人口ポテンシャル(d^1)	0.531	0.747	0.846	0.942	0.749	0.679	1.000	0.925
人口ポテンシャル(d^2)	0.668	0.926	0.977	0.844	0.484	0.414	0.925	1.000

表 4.9 人口関連指標によるロジット回帰結果 (その 1)

	B	標準誤差	Wald	自由度	有意確率	Exp(B)
メッシュ人口	0.00035	4.22E-05	68.55482	1	1.23E-16	1.00035
1km内人口	4.43E-05	1.24E-05	12.85872	1	0.000336	1.000044
2km内人口	2.5E-05	4.85E-06	26.49064	1	2.65E-07	1.000025
5km内人口	7.53E-06	9.091E-07	57.71977	1	3.02E-14	1.000008
人口ポテンシャル(d^2)	-0.00018	4.29E-05	18.55512	1	1.65E-05	0.999815
定数	-3.9415	0.108255	1325.647	1	0	0.019419

$$\rho^2=0.157$$

表 4.10 人口関連指標によるロジット回帰結果 (その 2)

	B	標準誤差	Wald	自由度	有意確率	Exp(B)
メッシュ人口	0.000457	2.57E-05	315.5841	1	0	1.000457
人口ポテンシャル(d^1)	2.24E-05	1.34E-06	278.6116	1	0	1.000022
定数	-5.04917	0.110335	2094.184	1	0	0.006415

$$\rho^2=0.151$$

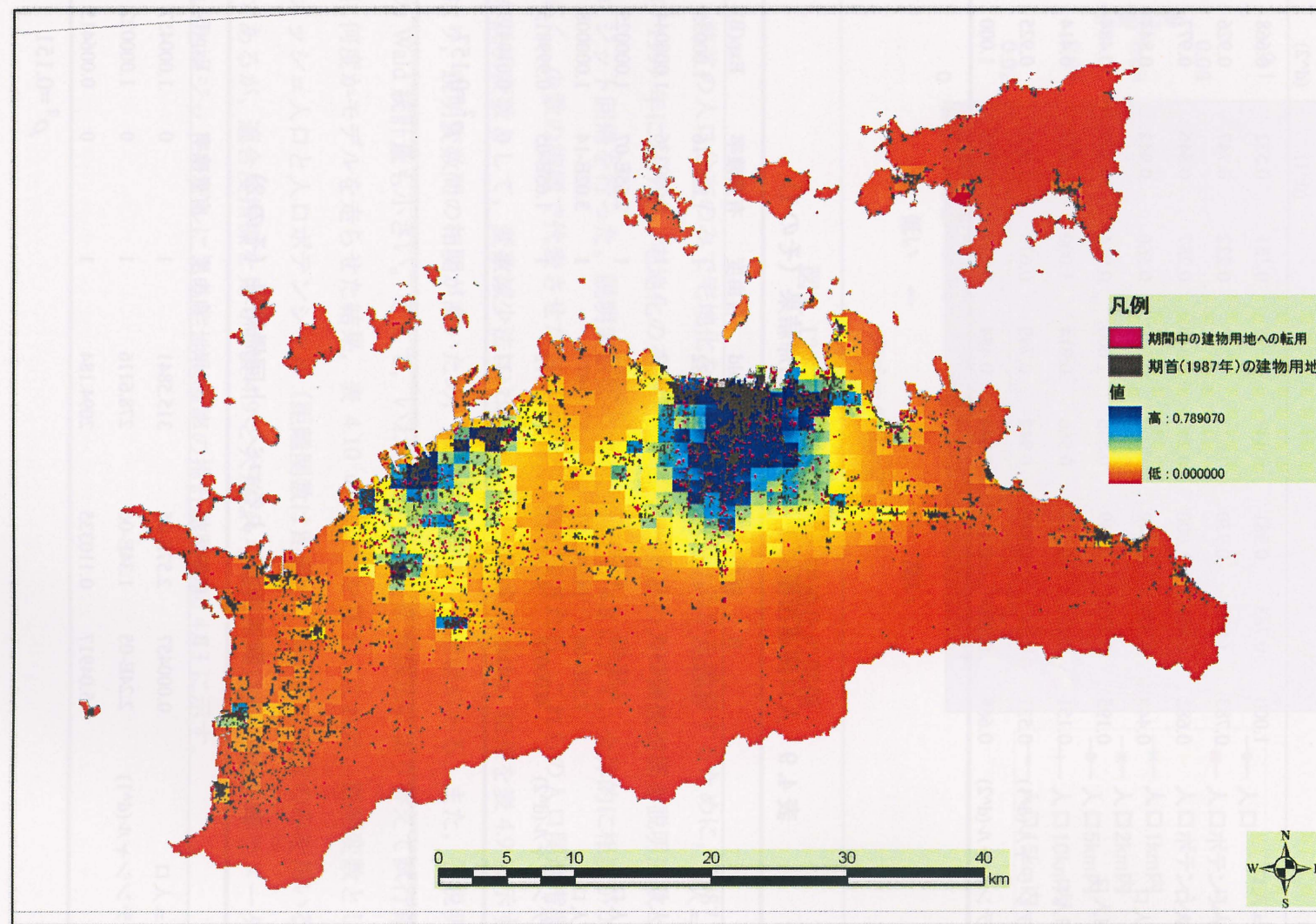


図 4.13 人口関連指標による宅地化確率の推計結果

4.3.5 期首の土地利用と宅地化の関係

(1) 自メッシュの土地利用種との関係

1987 年の土地利用種別メッシュ数および宅地化したメッシュ数を表 4.11 に示す。宅地の供給源としては、田が圧倒的に多い。次いで、その他、畑、森林であり、それ以外の土地利用種からの宅地化は 100 メッシュに満たない。森林に関しては、161 メッシュの転用であるが、森林のメッシュ数が多いため宅地化率としては 0.18% と極めて低い。

表 4.11 宅地への転用元の土地利用種

土地利用種	期首のメッシュ数	宅地化したメッシュ数	宅地化率
田	42,950	1,256	0.0292
畑	16,464	174	0.0106
森林	90,565	161	0.0018
荒地	2,018	27	0.0134
幹線交通用地	492	2	0.0041
その他の用地	4,675	217	0.0464
河川・湖沼	5,124	26	0.0051
海浜	283	0	0.0000
海水域	0	15	—
計	162,571	1,878	0.0115

(2) 隣接メッシュの土地利用種との関係

図 4.14 は対象とするメッシュを取り囲む $3 \times 3 = 9$ メッシュ（自メッシュを含む）における同一土地利用種のメッシュ数を横軸に、それぞれの宅地化率（宅地化したメッシュ数／該当メッシュ数）を縦軸にとったものである。なお、該当メッシュ数が 1,000 以下の場合には、宅地化率の統計学的信頼性が低下すると考えられるので図には表示していない。図から読みとれる通り、宅地およびその他のメッシュ数と宅地化率は強い正の相関にある。また、田のメッシュ数も傾きは緩やかながら正の関係にある。ただし、田のメッシュ数が 9 の場合（ 3×3 のメッシュ全てが田のケース）では、宅地化率が減少する。一方、森林のメッシュ数と宅地化率は負の関係にある。特に、森林のメッシュ数が 8 および 9 のケースでは宅地化率はほとんど 0 である。以上から、これらは宅地化モデルの重要な説明変数となり得ると考えられる。これら以外の土地利用種（畑、荒地、内水）は若干の傾向はあるものの、ほぼ横這いである。

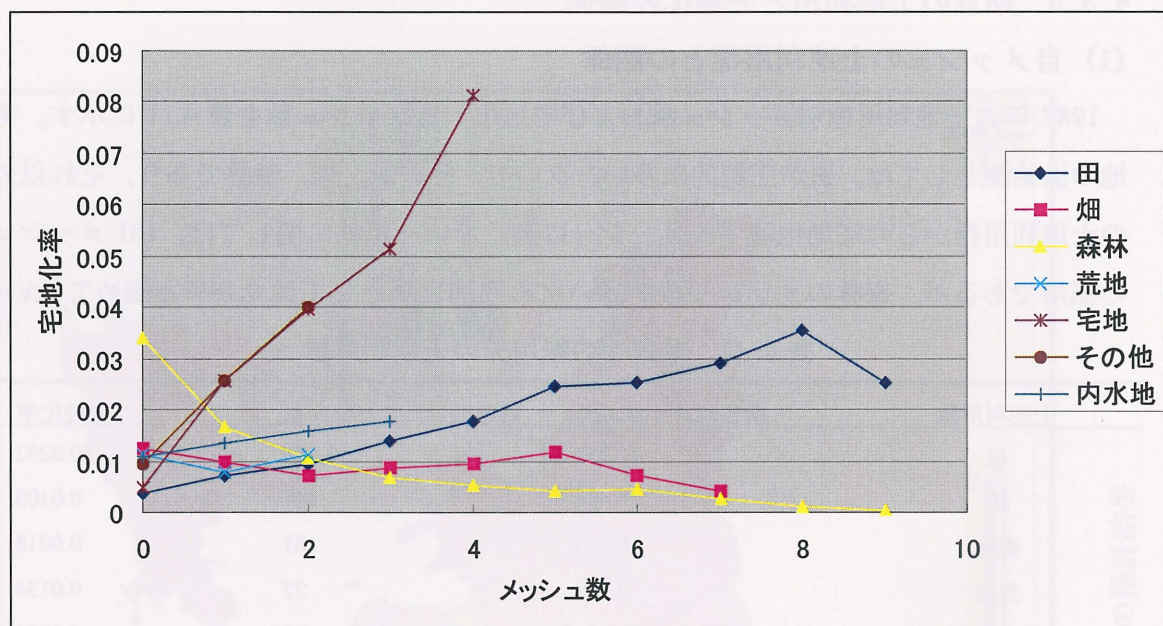


図 4.14 隣接する 3×3=9 メッシュ内の土地利用と宅地化率の関係

期首の隣接土地利用のみで宅地化をどの程度説明できるかを確認するために、1987年から1997年における、宅地化の有無を従属変数、隣接土地利用関連指標を説明変数としたロジット回帰を行った。説明変数間の相関行列を表 4.12 に示す。相関の極めて高い組み合わせは存在せず、最高で、田と森林の-0.736である。これらの指標全てを説明変数として、変数減少法によるロジット回帰を行った。結果を表 4.13 に示す。6土地利用種が有意な変数として残った。符号条件も合っており、適合度も良好である。

周辺水田メッシュ数が有意でない変数としてモデルから除外されているが、これは、森林メッシュ数との相関が高い(-0.736)ためであると考えられる。試みに、説明変数から、森林メッシュ数を予め除外して分析を行ってみると、水田は有意な変数として残り、適合度もほとんど変わらないものとなった。

表 4.13 の説明変数とパラメータを用いたロジットモデルによる宅地化確率の推計結果を図 4.15 に示す。

表 4.12 隣接する 3×3=9 メッシュ内の土地利用種別メッシュ数の相関行列

	田	畑	森林	荒地	宅地	幹線交通用地	その他の用地	内水地
田	1.000	-0.183	-0.736	-0.076	0.230	0.032	-0.098	0.077
畑	-0.183	1.000	-0.268	-0.024	-0.043	-0.025	-0.064	-0.039
森林	-0.736	-0.268	1.000	-0.063	-0.457	-0.127	-0.220	-0.282
荒地	-0.076	-0.024	-0.063	1.000	-0.038	-0.010	-0.013	0.002
宅地	0.230	-0.043	-0.457	-0.038	1.000	0.141	0.098	0.050
幹線交通用地	0.032	-0.025	-0.127	-0.010	0.141	1.000	0.077	0.006
その他の用地	-0.098	-0.064	-0.220	-0.013	0.098	0.077	1.000	-0.009
内水地	0.077	-0.039	-0.282	0.002	0.050	0.006	-0.009	1.000

表 4.13 隣接する 3×3=9 メッシュ内の土地利用別メッシュ数によるロジット回帰の結果

	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
畑	-0.149	0.021	51.296	0.000	0.862
森林	-0.387	0.016	605.691	0.000	0.679
宅地	0.306	0.022	195.311	0.000	1.358
幹線交通用地	-0.364	0.121	9.104	0.003	0.695
その他の用地	0.079	0.018	20.589	0.000	1.083
内水地	-0.214	0.036	34.395	0.000	0.807
定数	-1.983	0.056	1,276.734	0.000	0.138

$$\rho^2=0.212$$

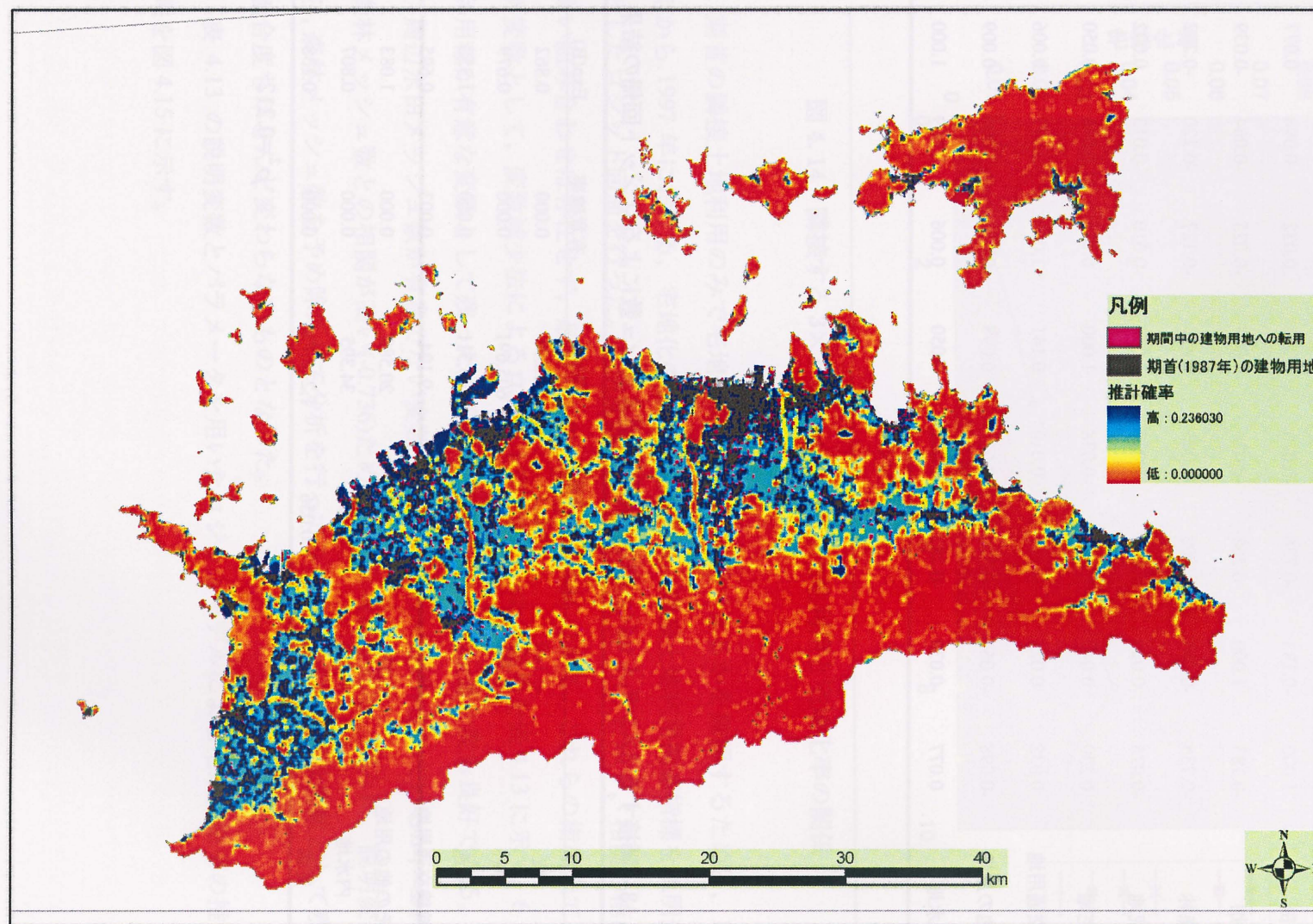


図 4.15 隣接メッシュの土地利用による宅地化確率の推計結果

(3) 土地利用の混在度との関係

図 4.16 は対象とするメッシュから一定距離内に含まれるメッシュ（自メッシュも含む）の土地利用が何種類あるかを横軸に，期間中の宅地化率（宅地化したメッシュ数／該当メッシュ数）を縦軸にとったものである。いずれの距離圏においても，土地利用種数が多い程，宅地化率が高いことを示している。また，同一の土地利用種数でも，対象とする距離圏が小さいほど宅地化率が高いことが読みとれる。以上から，土地利用の混在度が高い地区ほど宅地化率が高いことが読みとれる。また，土地利用の混在が無い（周辺メッシュが全て同一土地利用種）メッシュは明らかに宅地化率が低い。さらに，150 m内メッシュの土地利用種数と宅地化率の関係に着目すると，土地利用種数が2以上ではほぼ横這いとなっているため，土地利用種が2種類以上か否かの 1or0 のダミー変数に変換して分析に用いることとした。

土地利用の混在度で宅地化をどの程度説明できるかを確認するために，1987 年から 1997 年における，宅地化の有無を従属変数，土地利用混在度関連指標を説明変数としたロジット回帰を行った。説明変数間の相関行列を表 4.14 に示す。全体的に説明変数間の相関はかなり高いことが読みとれる。これらの指標全てを説明変数として，変数減少法によるロジット回帰を行った。結果を表 4.15 に示す。説明変数間の相関が高いことに起因していると思われるが，有意な変数として残ったのは2変数のみであった。また，適合度もあまり芳しくない。表 4.15 の説明変数とパラメータを用いた宅地化確率の推計結果を図 4.17 に示す。

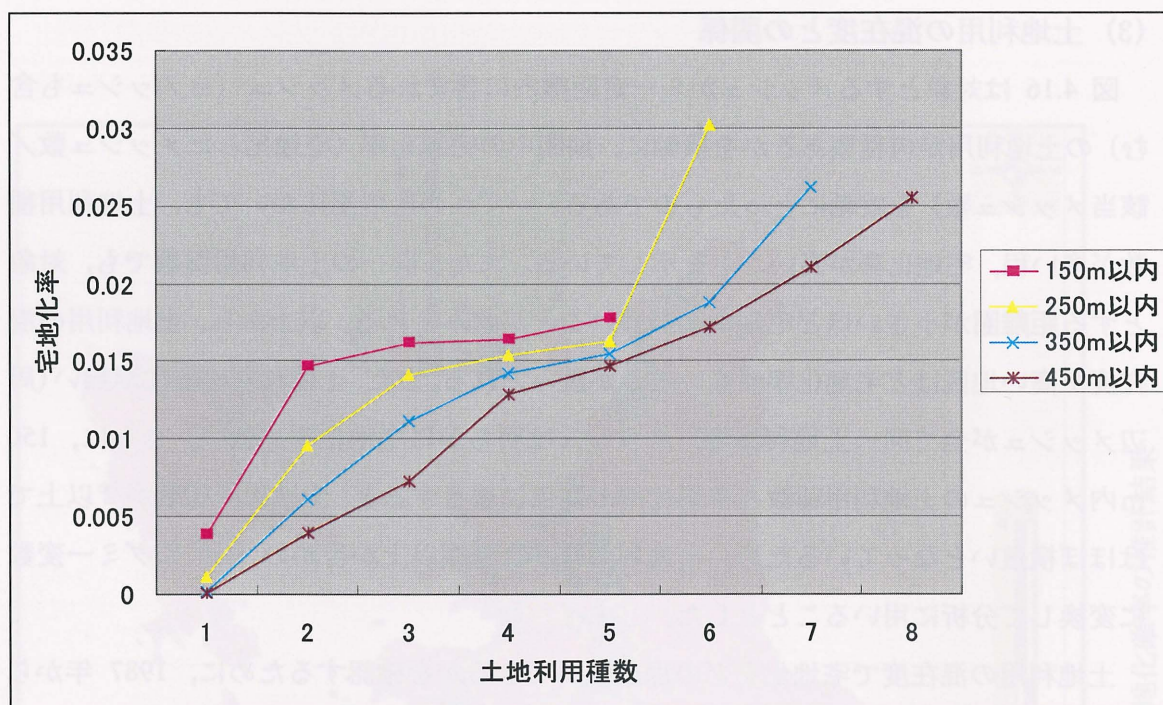


図 4.16 近隣一定距離内の土地利用種数と宅地化率の関係

表 4.14 近隣一定距離内の土地利用種数の相関行列

	150m 以内	250m 以内	350m 以内	450m 以内
150m 以内	1.000	0.618	0.553	0.518
250m 以内	0.618	1.000	0.855	0.763
350m 以内	0.553	0.855	1.000	0.898
450m 以内	0.518	0.763	0.898	1.000

注) 「150m 以内」はダミー変数

表 4.15 近隣一定距離内の土地利用種数によるロジット回帰の結果

	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
150m 以内	0.988414	0.094039	110.4752	7.71E-26	2.686971
450m 以内	0.223985	0.021139	112.2678	3.12E-26	1.251052
定数	-4.62869	0.108727	1,812.634	0	0.009768

$\rho^2=0.047$

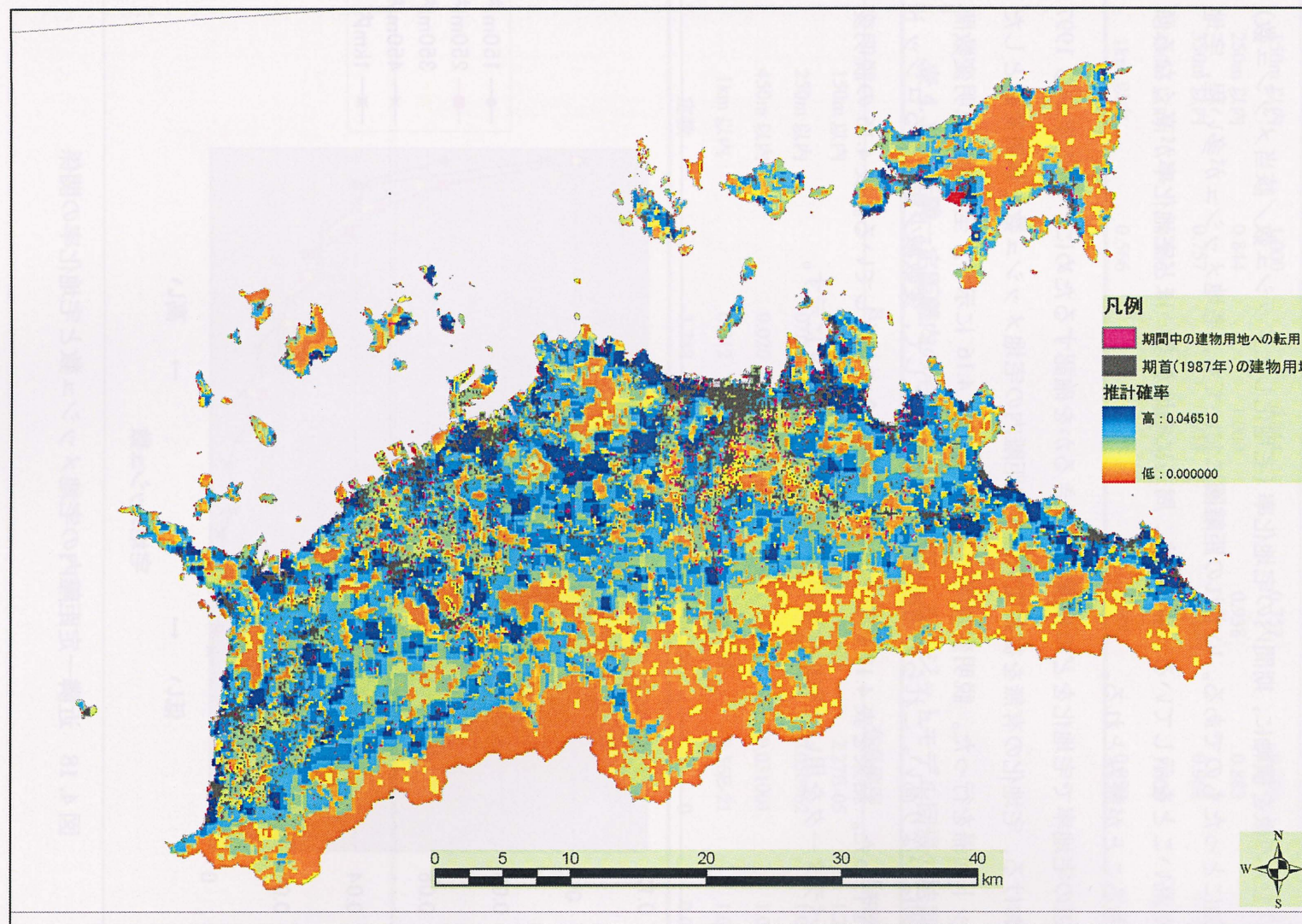


図 4.17 近隣の土地利用種数による宅地化確率の推計結果

(4) 周辺の宅地率との関係

図 4.18 は対象とするメッシュから一定の距離内に含まれる宅地メッシュ（自メッシュも含む）の数を横軸に、期間内の宅地化率（宅地化したメッシュ数／該当メッシュ数）を縦軸にとったものである。いずれの距離圏においても、宅地メッシュが多い程、宅地化率が高いことを示している。すなわち、周辺に宅地が多いほど宅地化率が高くなる傾向があることが読みとれる。

周辺の宅地率で宅地化をどの程度説明できるかを確認するために、1987 年から 1997 年における、宅地化の有無を従属変数、一定距離内の宅地メッシュ数を説明変数としたロジット回帰を行った。説明変数間の相関行列を表 4.16 に示す。全体的に説明変数間の相関はかなり高い。これらの指標全てを説明変数として、変数減少法によるロジット回帰を行った。結果を表 4.17 に示す。符号条件は全て合致している。表 4.16 の説明変数とパラメータを用いた宅地化確率の推計結果を図 4.19 に示す。

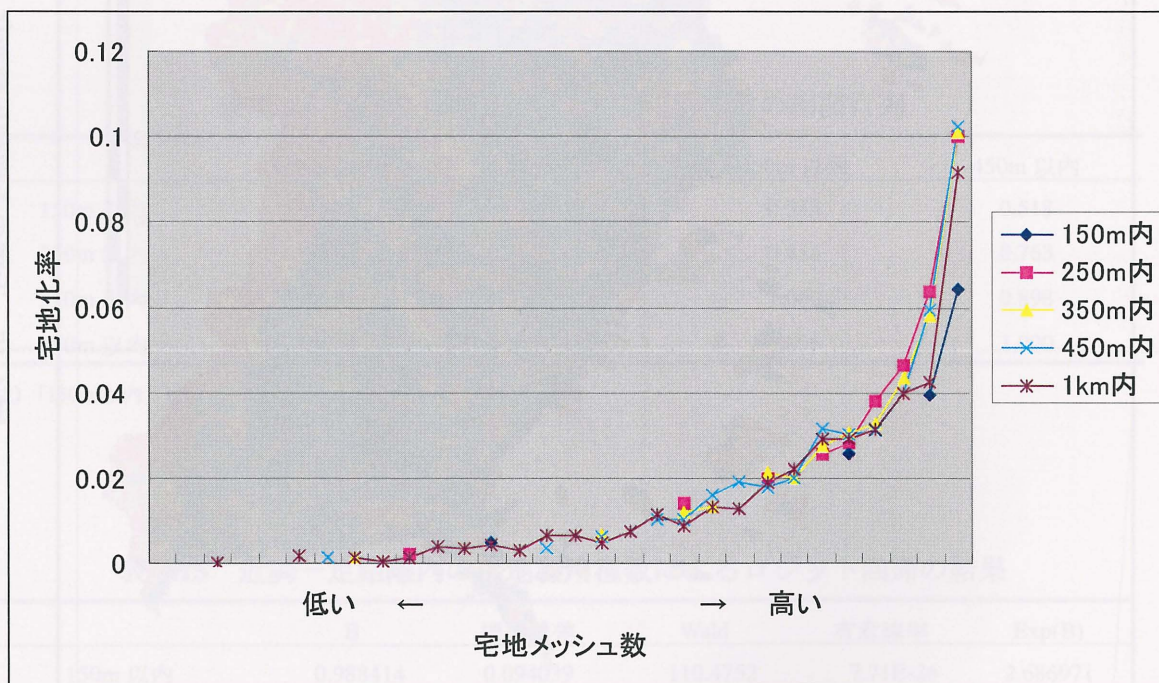


図 4.18 近隣一定距離内の宅地メッシュ数と宅地化率の関係

表 4. 16 近隣一定距離内の宅地メッシュ数の相関行列

	150m 以内	250m 以内	350m 以内	450m 以内	1km 以内
150m 以内	1.000	0.844	0.757	0.706	0.566
250m 以内	0.844	1.000	0.938	0.883	0.715
350m 以内	0.757	0.938	1.000	0.968	0.800
450m 以内	0.706	0.883	0.968	1.000	0.859
1km 以内	0.566	0.715	0.800	0.859	1.000

表 4. 17 近隣一定距離内の宅地メッシュ数によるロジットモデル回帰の結果

	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
150m 以内	0.183	0.043	17.945	2.27E-05	1.201
250m 以内	0.051	0.026	3.8095	0.050962	1.052
450m 以内	0.020	0.009	4.6529	0.031001	1.020
1km 以内	0.012	0.001	89.856	2.56E-21	1.012
定数	-3.748	0.046	6,694.256	0	0.024

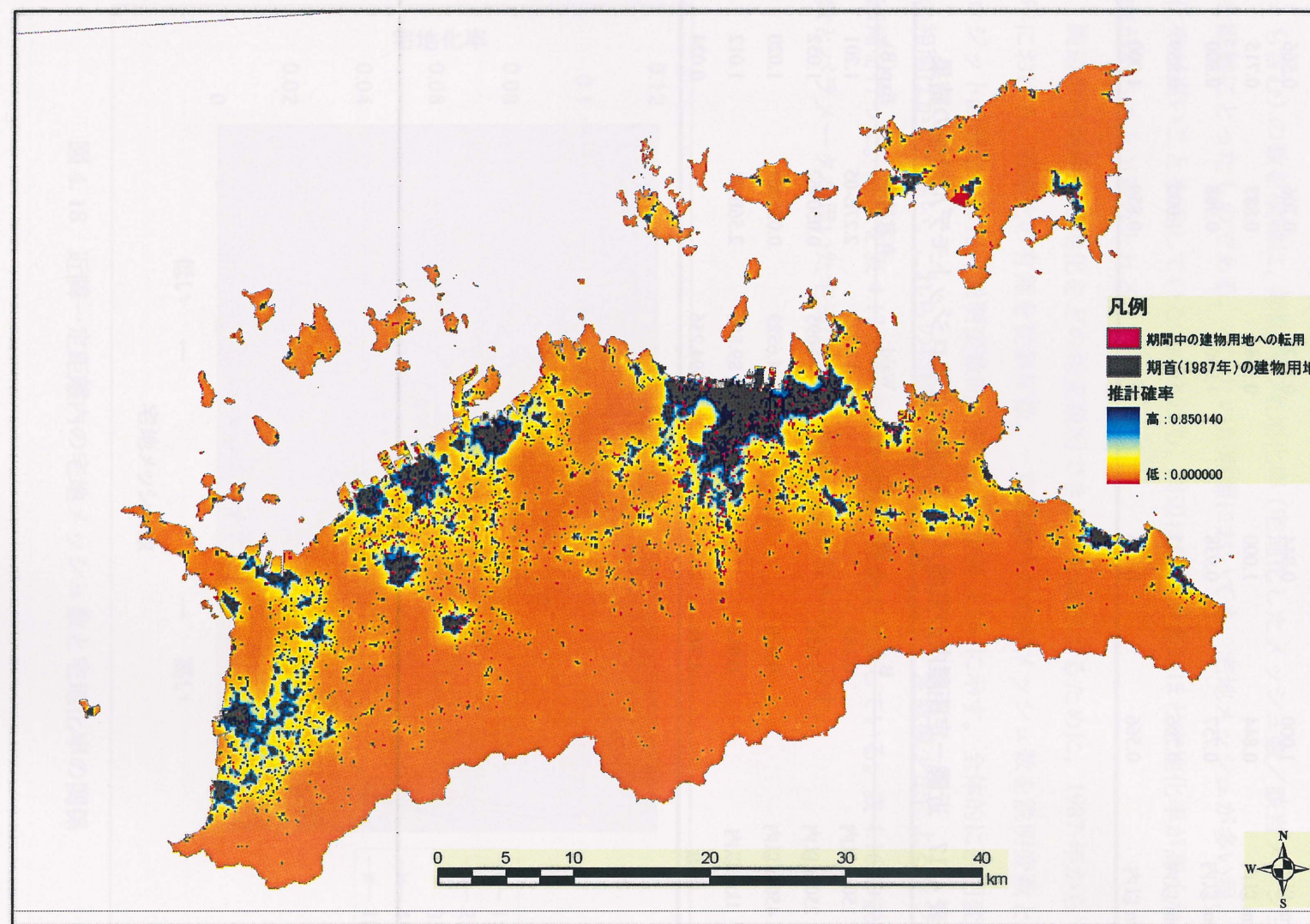


図 4.19 近隣の宅地密度による宅地化確率の推計結果

4.3.6 全説明変数を用いた分析

最後に、全ての説明変数を投入して、変数増加法によるロジット回帰を行った。結果を表 4.18 に示す。16 変数が有意な変数としてモデルに組み込まれた。

次いで、ここで定式化されたモデルの推計精度を確認することを目的として、全メッシュについてモデルによる宅地化確率の推計値を算出した。この推計値の大小に応じて全メッシュを 30 等分（個数ベースの等分）にランク区分し、ランクごとの宅地化率（宅地化したメッシュ数／同一ランクの全メッシュ数）を算出した。図 4.20 に結果を示す。図から明らかなように、モデルによる推計値の高いメッシュほど、実際の宅地化率も高く、適合度は良好であるといえる。

さらに、宅地化確率の推計値と実測値の空間的分布を確認することを目的として、宅地化確率の推計値の空間分布を図示したものが図 4.21 である。見易いように、高松市周辺部を拡大表示したものが図 4.22 である。また、これらの図に実際に宅地化したメッシュを書き加えたものが、図 4.23、および、図 4.24 である。

宅地化確率の推計精度は比較的良好と考えられる。ただし、どのメッシュが宅地化するかということをメッシュ単位で的中させることは不可能である。例えば、宅地化確率が 0.1 と推計されたメッシュが 10 個あるとすると、確率論的にはその中のいずれか一つのメッシュが宅地化し残りの 9 つのメッシュは宅地化しないこととなるが、その一つが 10 個の中のどのメッシュであるかは本研究で定式化したモデルからは予測できない。ただし、これら 10 個のメッシュがどれかということに関しては、比較的良好に推計できているといえる。

キャリブレーション結果からは、低平地や人口ポテンシャルの高いエリアの宅地化確率が高いという、いわば一般的な構造が香川県においても成立していることが確認された。一方で、期首の隣接メッシュの土地利用が重要な要因となることも明らかとなった。隣接メッシュに宅地、その他の用地、が多いほど宅地化する確率が高くなり、逆に、森林、幹線交通用地、内水地が多いほど宅地化する確率が低くなる。また、近隣の土地利用種数が多い、すなわち、土地利用の混在度が高い程、宅地化する確率も高くなることが明らかとなった。

表 4.18 全説明変数を用いたロジット回帰の結果 (変数増加法)

説明変数	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
標高	-0.0042	0.001	24.5	7.37E-07	0.996
傾斜	-0.0788	0.012	43.7	3.76E-11	0.924
地質区分 sg (ダミー)	0.3807	0.090	17.9	2.37E-05	1.463
地質区分 msm (ダミー)	-1.0908	0.455	5.7	0.016573	0.336
地質区分 g (ダミー)	-0.2379	0.119	4.0	0.045819	0.788
人口	0.0001	3.32E-05	18.2	1.98E-05	1.000
人口ポテンシャル (距離の 1 乗)	1.19E-05	1.45E-06	68.3	1.42E-16	1.000
内水地	-1.523	0.297	26.3	2.88E-07	0.218
隣接メッシュ数 (森林)	-0.112	0.0239	22.0	2.69E-06	0.894
隣接メッシュ数 (宅地)	0.0697	0.417	2.8	0.094472	1.072
隣接メッシュ数 (幹線交通用地)	-0.6208	0.131	22.4	2.26E-06	0.538
隣接メッシュ数 (その他の用地)	0.1053	0.019	30.6	3.15E-08	1.111
隣接メッシュ数 (内水地)	-0.1186	0.046	6.7	0.00984	0.888
隣接メッシュ数 (2 種類以上, ダミー)	0.2415	0.107	5.1	0.023478	1.273
近隣 250m 以内土地利用種数	0.0976	0.031	10.2	0.001441	1.103
近隣 250m 以内宅地メッシュ数	0.0539	0.018	8.8	0.003014	1.055
定数	-3.6586	0.186	387.9	0	0.026

$$\rho^2=0.257$$

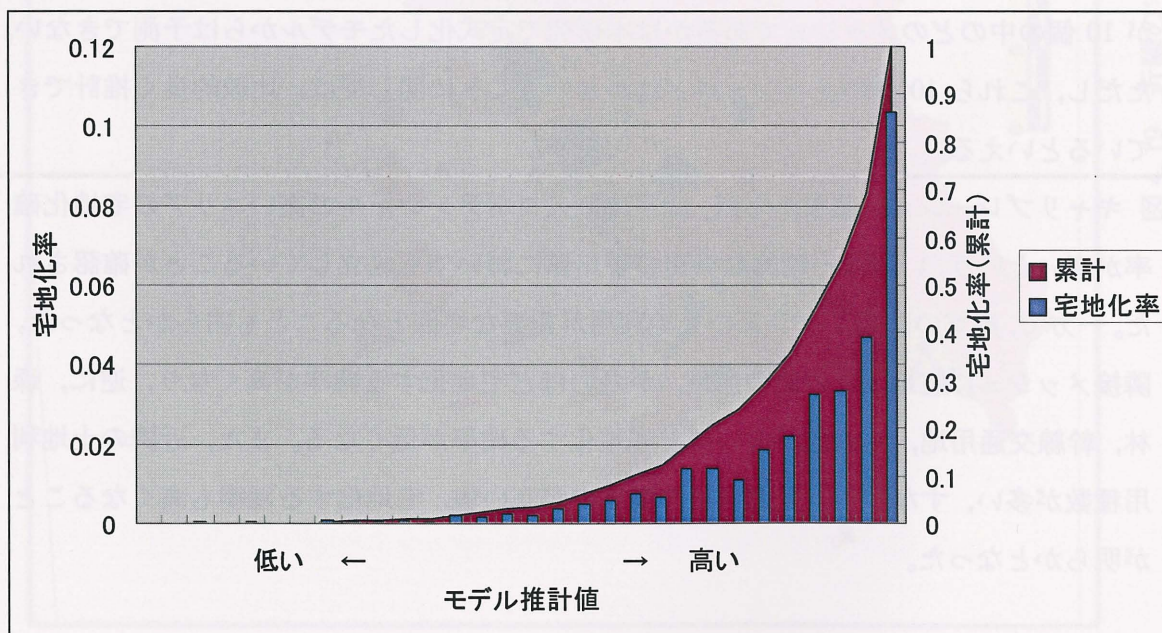


図 4.20 モデル推計値と実際の宅地化率の比較

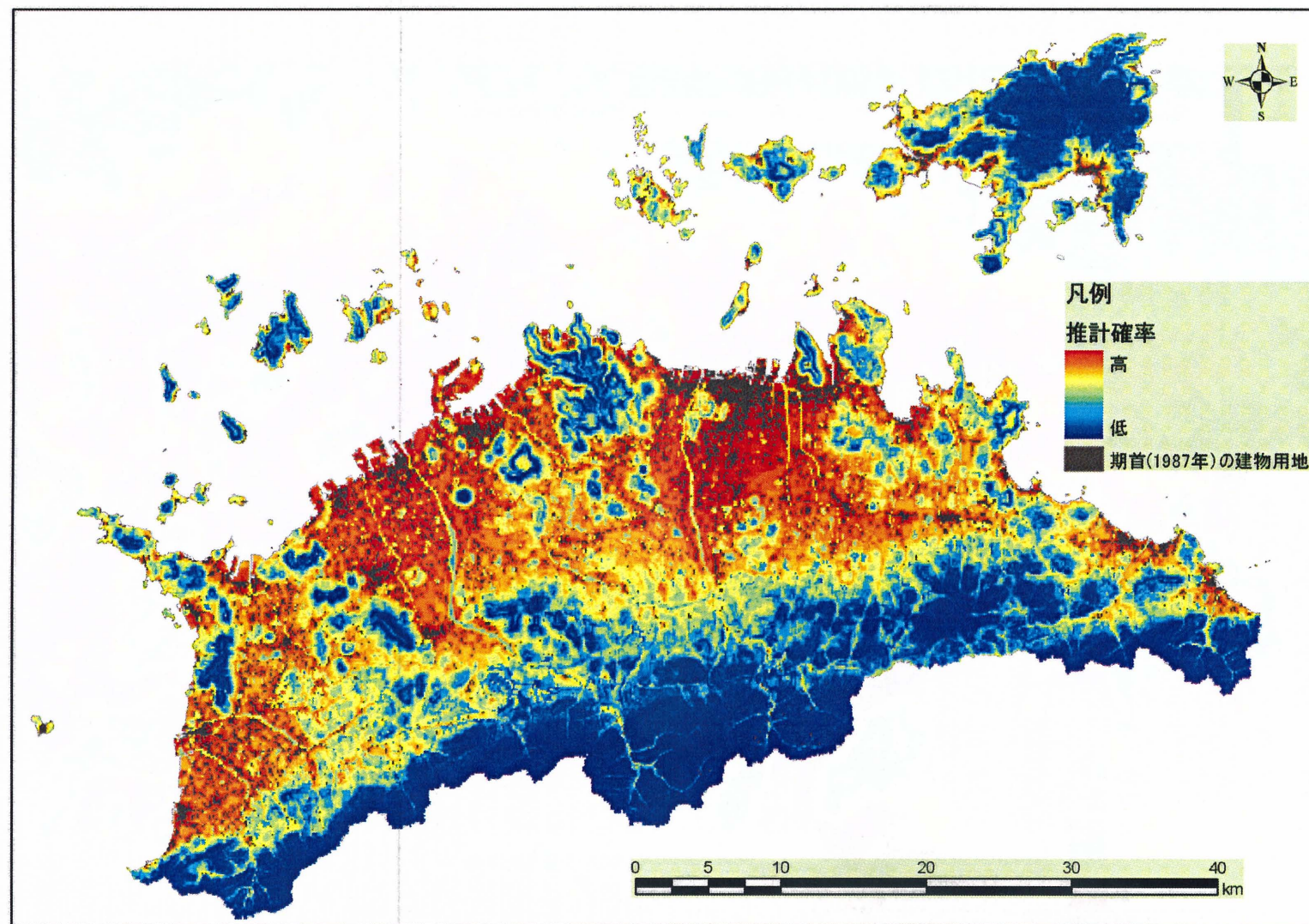


図 4.21 表 18 のパラメータを用いた宅地化確率の推計結果 (その 1)

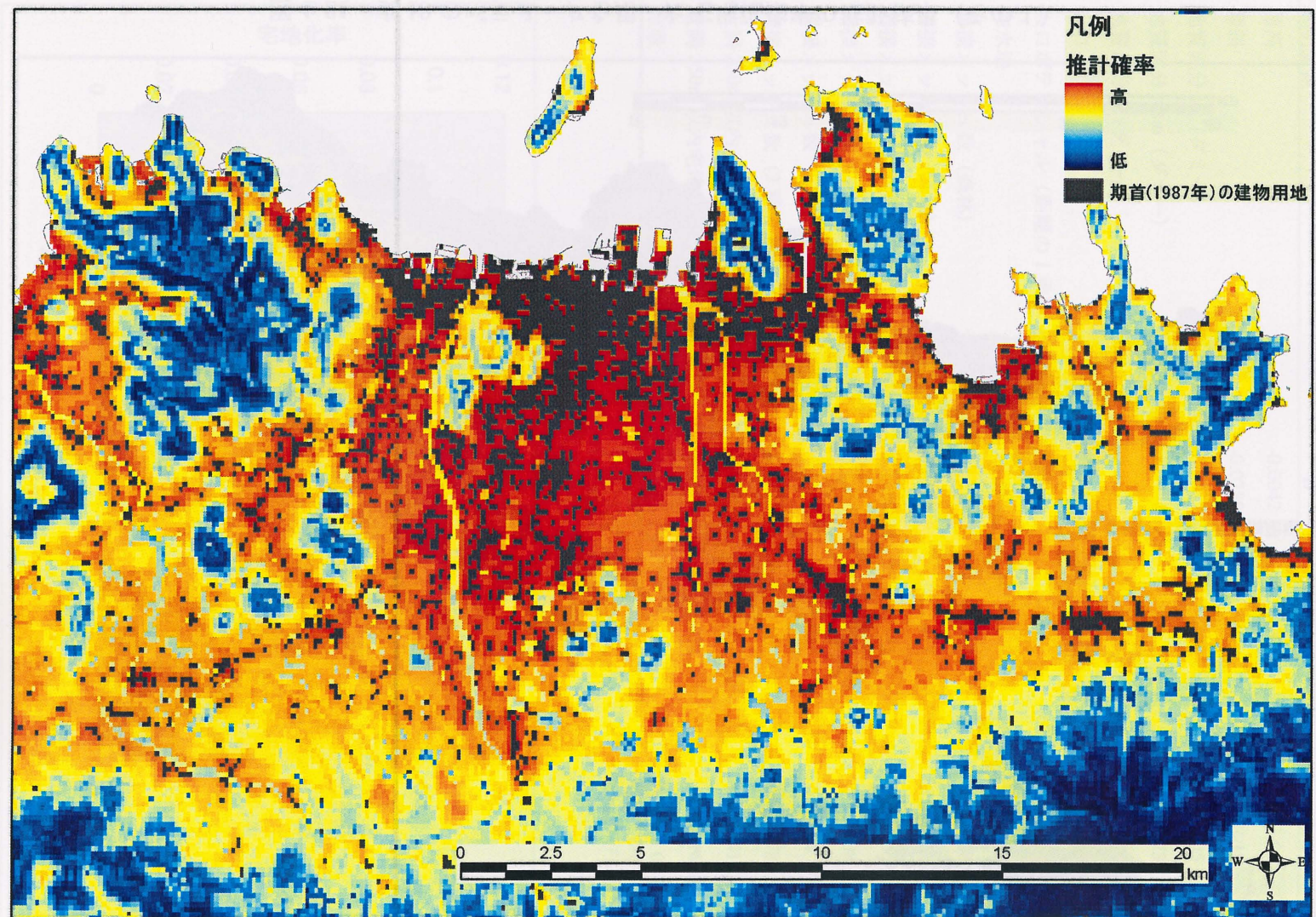


図 4.22 表 18 のパラメータを用いた宅地化確率の推計結果 (その 2)

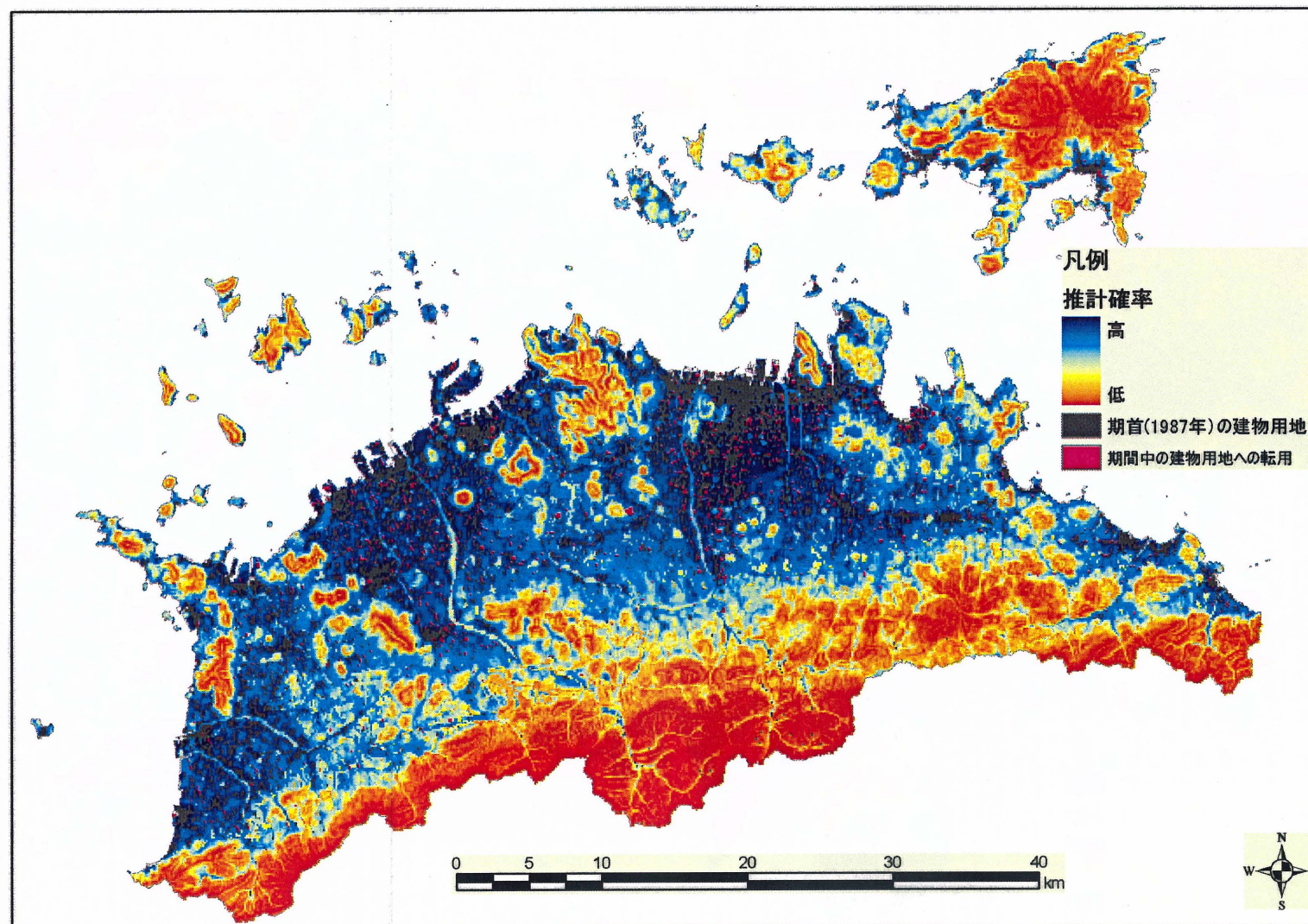


図 4.23 表 18 のパラメータを用いた宅地化確率の推計結果 (その 3)

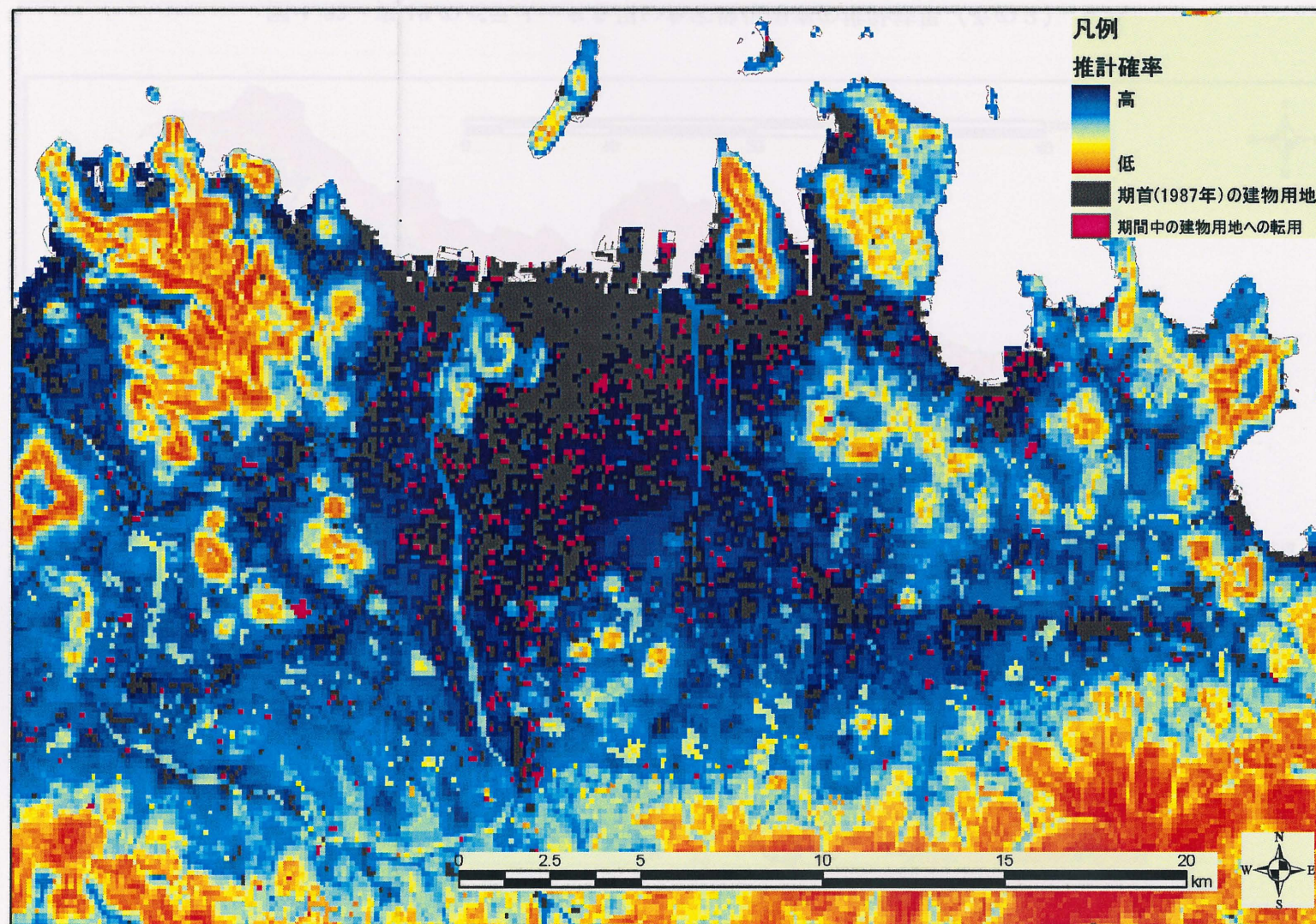


図 4.24 表 18 のパラメータを用いた宅地化確率の推計結果 (その 4)

4.4 おわりに

本章においては、国土数値情報の 1/10 細分区画土地利用データを用いて、香川県における、1987 年から 1997 年の宅地化の構造を説明するモデルを二項ロジットモデルで構築することを試みた。説明変数としては、地形、地質、期首の人口、期首の土地利用に関する指標を用いた。最終的に表 4.18 に示すモデルが定式化された。このモデルによる宅地化確率の推計結果は図 4.21～図 4.24 の通りであり、比較的良く推計できているといえる。以上から、香川県における近年の宅地化の構造は表 4.18 の説明変数とそのパラメータにより、ある程度説明可能であることが明らかとなった。

土地利用の変化には多くの要因が関与していると考えられるが、本研究で採用した説明変数は必ずしもそれら全てをカバーできているわけではない。特に、土地利用の大きな規制要因となる都市計画や農振計画の地域指定に関する指標が全く入っていないことには留意しておく必要がある。

第5章 台湾南部の広域灌漑プロジェクト地域における 土地利用変化に関する分析

京都大学大学院農学研究科

森 義昭

要約

台湾南部に位置する嘉南平野は台湾最大の農業地域である。そこでは 1930 年に完成した烏山頭ダムによって大規模灌漑事業が可能となり 1,500,000ha の農地が生み出された。その歴史は 70 年にも及ぶ。近年の高度経済成長により、サトウキビ、水稻、穀物作は高収益作物や土地利用の高度化を目指す養殖池にとって変わられるようになってきた。本論文では嘉南灌漑プロジェクトの下にあるいくつかの典型的な地域を選び、数年間隔の衛星画像を解析し、広域の土地利用変化を定量的に明らかにする。また、社会経済的側面からこの地域の土地利用に関するシステム・ダイナミック・モデルを構築する。

5.1 はじめに

農地利用は食料生産と深い関係を持ち、農業開発への影響も大きい。そのため、農地利用の変化について考察することは農業を対象とする研究における主要な課題であった。

これまで、多くの研究者は土地利用変化研究のために、地図による方法、写真による方法、計量経済学による方法など様々な方法を用いてきた。しかし、経済発展と共に、土地利用変化の問題はいっそう複雑になってきており、土地利用変化に影響を及ぼす様々な要因を考慮に入れるためにはこれまでの方法とは別の土地利用変化を分析する手法を模索する必要がある。本論文では衛星画像データを用いて農地利用変化の実態を明らかにするとともに、システム・ダイナミック・モデルを用いて、農地に関する土地利用変化を描写できるモデルを構築しようとするものである。このモデルによって現実をうまく描写し、農業政策立案に役立つツールを提供しようとするものである。

本論文の構成はつぎの通りである。はじめに嘉南灌漑プロジェクトの概要を述べ、灌漑プロジェクトがこの地域の農業生産に及ぼした影響について明らかにする。ついで、リモートセンシングデータを用いて嘉南灌漑地域での農地利用変化を解析する。さらに、システム・ダイナミック・モデルを用いてこの地域の農地利用変化をモデル化する。

5.2 嘉南灌漑プロジェクトとその農業への影響

嘉南灌漑プロジェクトは台湾南西地域において展開されてきた。このプロジェクトは1930年に完工され、その灌漑地域は嘉義県、嘉義市、台南県、台南市に及ぶ(図 5.1, 図 5.2 を参照)。もともと、嘉南灌漑プロジェクトは二つの灌漑システムからなるものである。一つは濁水溪から水を得るために林内にポンプ場を設置するものであり、もう一つは曾文溪から水を得るために楠西にダムとトンネルを設置するものであった。また、これらに付随して、台南灌漑プロジェクトで建設された 100km に及ぶ幹線と 1,200km に及ぶ支線, 7,400km に及ぶ末端水路, そして 960km の排水路および 6,000km に及ぶ末端排水路がある。このプロジェクトは日本植民地時代の台湾での最大の灌漑プロジェクトであった。

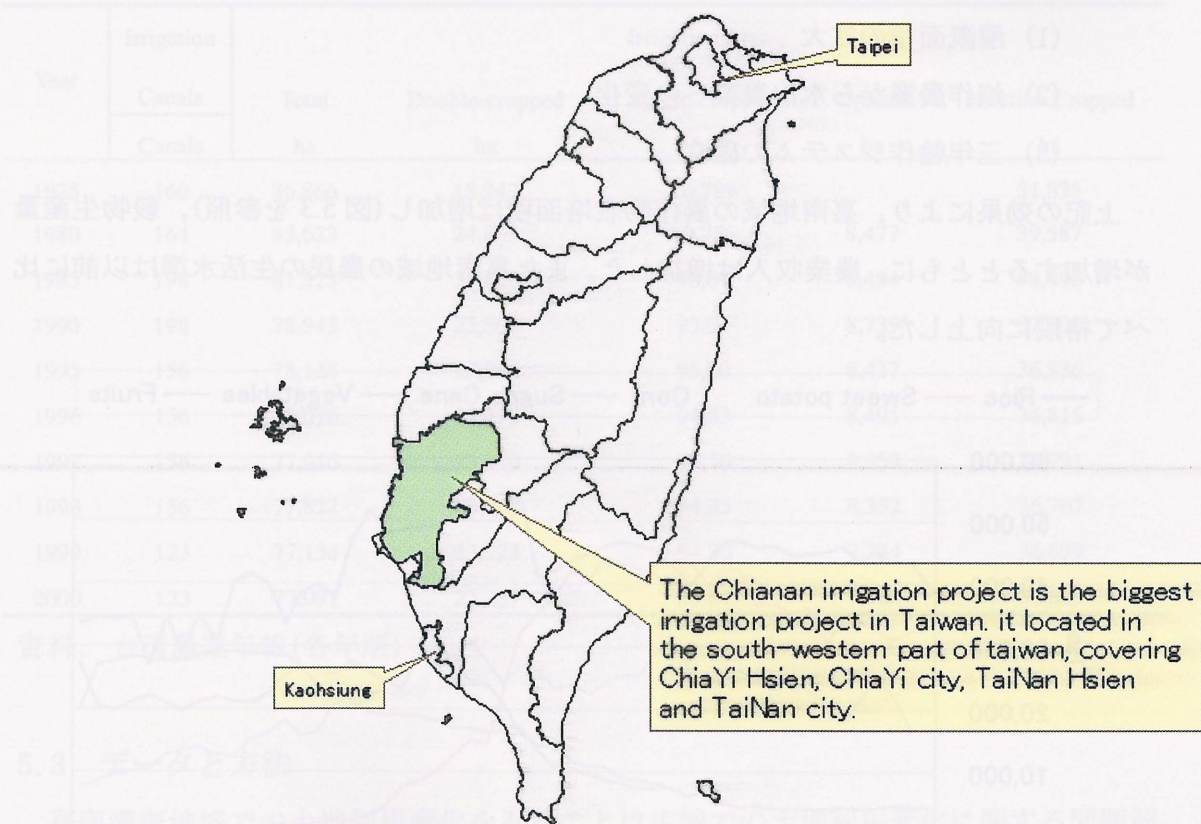


図 5.1 研究対象地域 (嘉南灌漑プロジェクト地域)

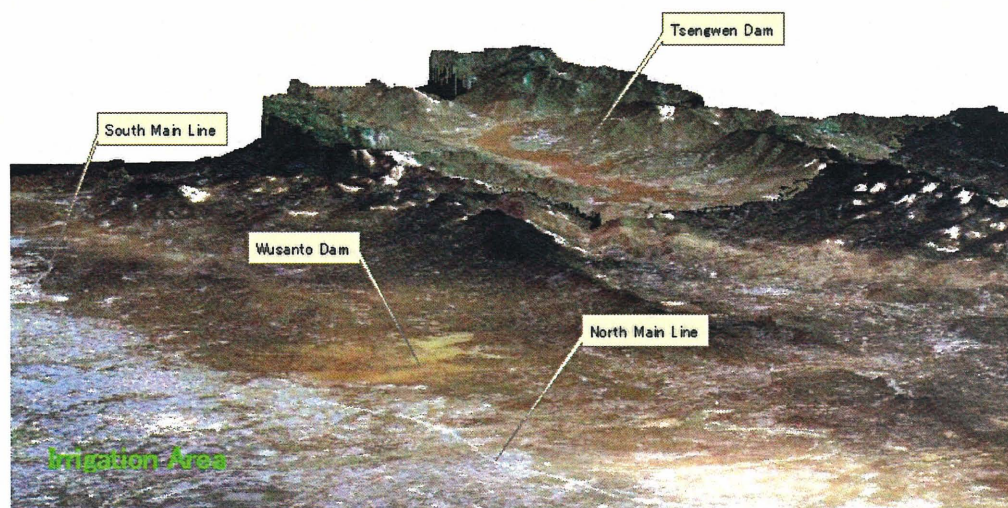


図 5.2 研究対象地域の地形

嘉南灌漑プロジェクトの完成後、農業生産に次の三つの顕著な効果があらわれた。

- (1) 灌漑面積の拡大
- (2) 畑作農業から水田農業への変化
- (3) 三年輪作システムの確立

上記の効果により、嘉南地域の農作物栽培面積は増加し(図 5.3 を参照)、穀物生産量が増加するとともに、農業収入は増加した。また嘉南地域の農民の生活水準は以前に比べて格段に向上した。

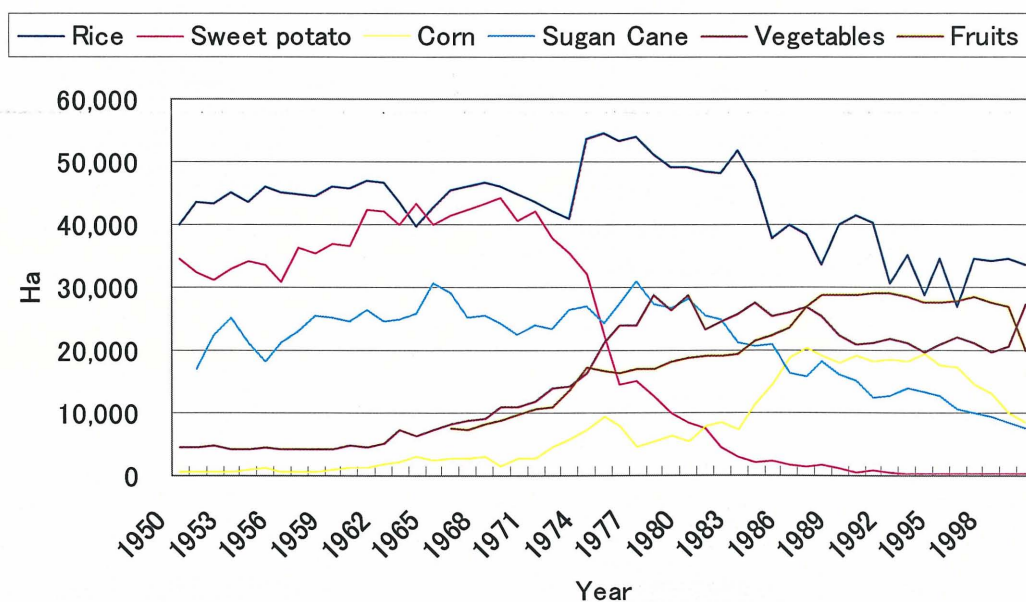


図 5.3 台南県における農作物栽培面積の推移

ちなみに、第二次世界大戦後、農地改良、種子改良、新たな灌漑施設の建設によって、三年輪作システムは三年一稲作栽培システムから三年二稲作システムへと変化した。さらに、一方では、輪作面積の減少と二期作面積の増加によって米生産量は劇的に増加した。他方、国民所得の増加と共に、人々は米消費を減少させ、肉類、野菜および果実の消費を増大させるようになった。その結果、米の過剰供給が生じ、1970年代以降、台湾政府により稲作農地から畑作農地への転換が促進されるようになった。このため、水田は減少し、畑作地が増加するなど農業内での土地利用の変化が見られるようになってきた。さらに、経済成長によって、ここ十年来、嘉南地域では都市化が進展し、耕作地は商業用地や住宅地など農業外への転用が多く見られるようになってきた。表 5.1 によれば、嘉南水利組合の配下にある灌漑面積は 1975 年以降減少傾向にあることがわかる。

表 5.1 嘉南水利組合管理下の灌漑面積の推移

Year	Irrigation	Irrigation Area				
	Canals	Total	Double-cropped	Single-cropped	Upland	Rotation Cropped
	Canals	ha	ha	ha	ha	ha
1975	160	86,866	18,242	16,789		51,835
1980	164	83,623	24,803	10,756	8,477	39,587
1985	198	81,523	24,666	98,67	8,494	38,496
1990	198	78,943	23,601	93,01	8,739	37,302
1995	156	78,138	23,365	95,00	8,437	36,836
1996	156	78,076	23,376	94,83	8,401	36,816
1997	156	77,916	23,310	94,56	8,359	36,791
1998	156	77,822	23,268	94,35	8,352	36,767
1999	123	77,136	23,223	94,30	7,784	36,699
2000	123	77,091	23,237	93,81	7,784	36,689

資料：台湾農業年報(各年版)

5.3 データと方法

嘉南灌漑地域での土地利用変化をみることは広域での土地利用変化に関する問題解明にとって重要である。本研究では、嘉南地域の土地利用変化を解析するため、リモートセンシング画像データを利用する。分析対象地域、データおよびその分析プロセスは次の通りである。

5.3.1 分析対象地域

ここでは分析対象地域として台南県麻豆地域(図 5.4 を参照)を選び分析を進める。

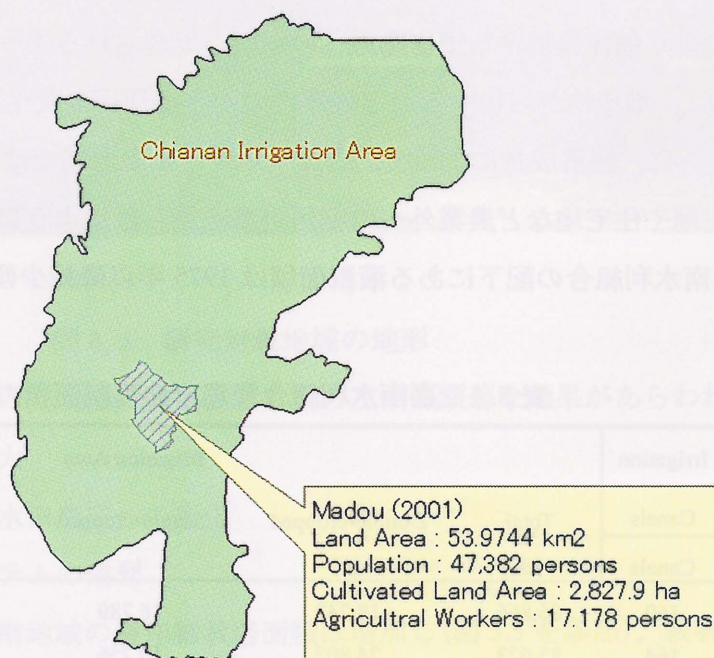


図 5.4 分析対象地域 (台南県麻豆)

5.3.2 データ

主要なデータ源は Landsat TM 衛星画像である。さらに、教師付き分類のために空中写真および GIS データをも用いた。衛星画像データの詳細は表 5.2 に示す通りである。

表 5.2 本研究で用いた衛星画像データ

Mission	Sensor	Path-Row	Obs. Date
Lansat2	MSS	118/44	1Nov72
Lansat2	MSS	126/44	5Dec81
Lansat7	TM	118/44	21Jul90
Lansat7	TM	118/44	7Dec00

5.3.3 分析プロセス

灌漑プロジェクトの農地利用の変化の分析プロセスは図 5.5 に示す通りである。

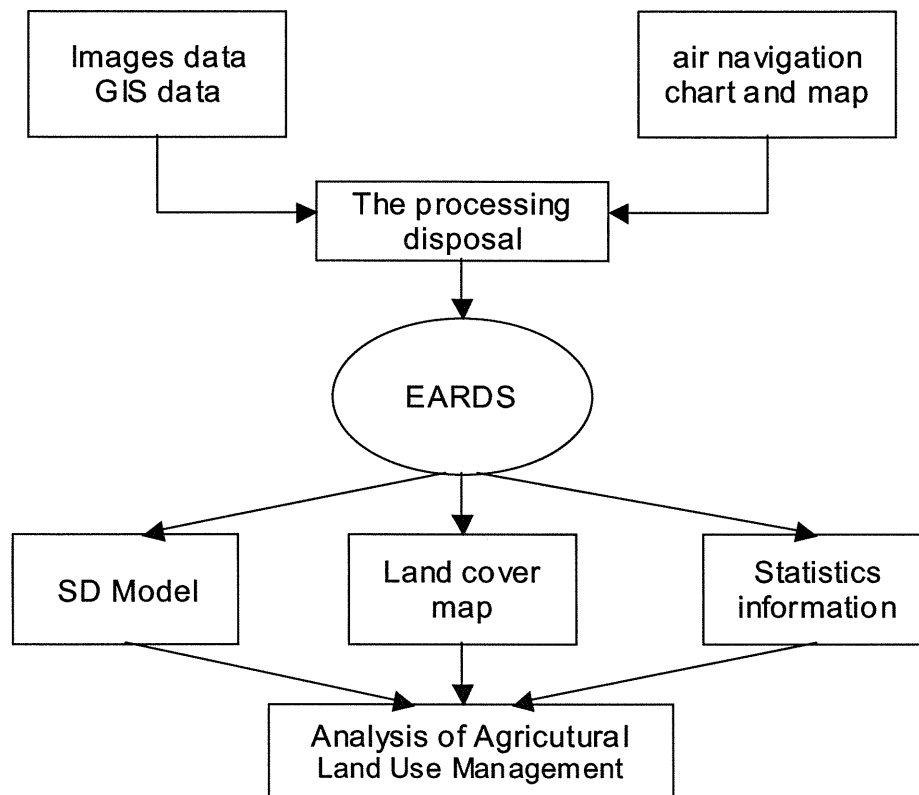


図 5.5 衛星画像解析のフローチャート

5.3.4 分析結果

本論文では、表 5.2 で示したほぼ 10 年間隔の衛星画像データを用いて土地利用の状況を教師付き分類に基づいて分類した。図 5.6、図 5.7 は分類結果の一例である。これらの分類結果の妥当性をグランドトゥースなどによって検証した上で、比較検討を行いこの地域の土地利用変化を量的に捉えた。これらの分析結果を社会経済データと結びつけることにより、土地利用変化の要因を明らかにすることができる。また、それらの因果関係を量的な土地利用変化モデルとして描写することによって、将来の土地利用変化を量的に予測することが可能となる。なお、ここで用いた土地利用分類の方法および分類結果の詳細については稿を改めて明らかにする。

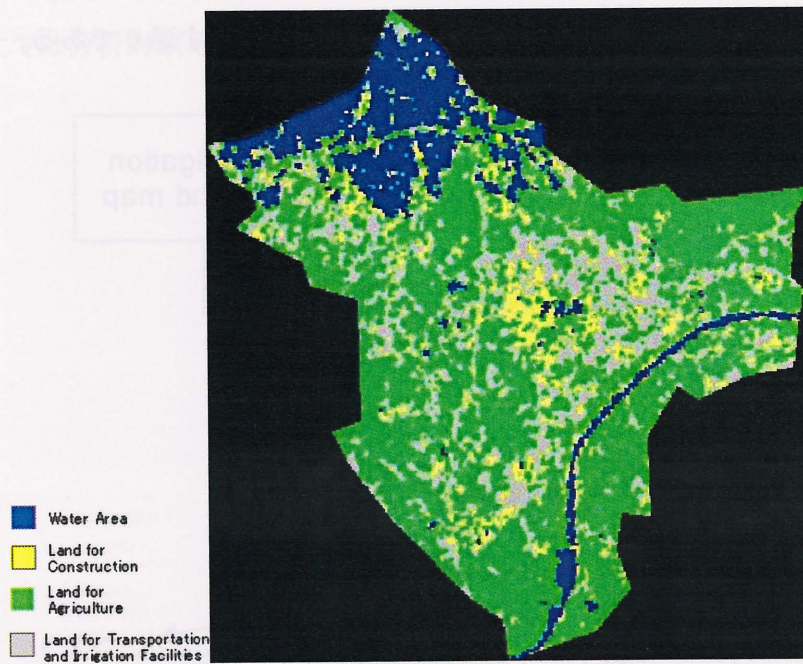


図 5.6 土地利用分類 1 (1981 年)

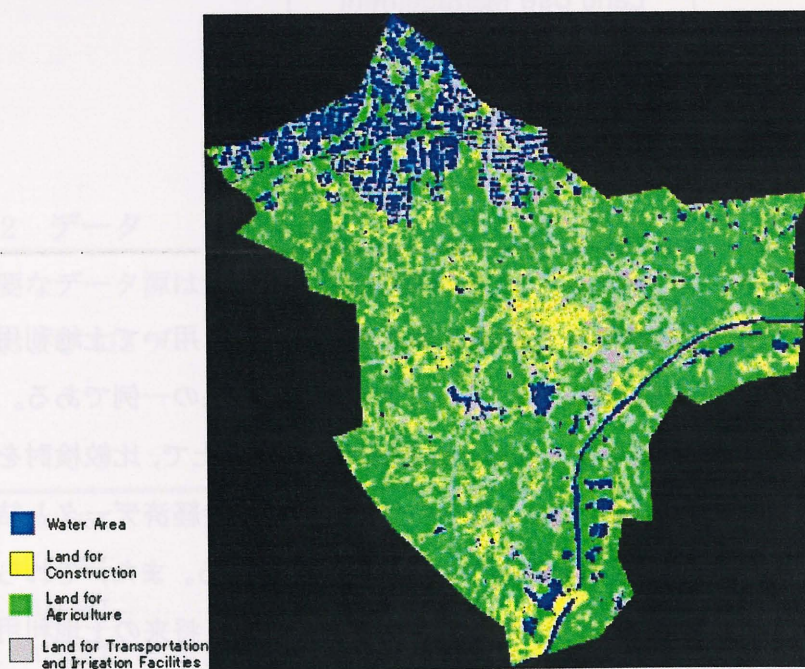


図 5.7 土地利用分類 2 (1990 年)

5.4 農地利用変化に対するシステム・ダイナミック・モデルの適用

土地利用は地理的環境と経済活動に依存して変化する。したがって、地理的環境およびその地域の経済活動が異なれば当然土地利用は異なったものとなる。

農業経済学における土地利用変化に関する先行研究においては、分析方法としてほとんどの場合、時系列モデルおよび回帰モデルが用いられてきた。しかし、近年、土地利用変化という複雑な問題を理解するためにシステム・ダイナミック・モデルによる接近法および計量経済学的接近法が用いられるようになってきた。とくにシステム・ダイナミック・モデルによる接近法は非線型の関係をうまく扱うことができ、データが欠損する部分がある場合でも長期の傾向を分析することができる。

本論文で開発されるシステム・ダイナミック・モデルはグラフィカル・プログラミング言語である STELLA を用いて構築される。はじめに、研究対象の範囲を明らかにし、対象物(stock)の変化をいくつかの要因(flow)で説明する。これらの要因はまた他の変数(converters)に影響されるので、フィードバック関係あるいはインフラストラクチャーによってこれらの stock, flow および converters を結び付ける。最後に、現実世界のデータにしたがってすべての変数の係数を与え、モデルを作り上げる。

モデルを実際に動かした結果と現実世界のデータを比較し、その差が大きく異なっている場合、設定された係数が不適切であるか、モデルに採り入れられた変数が不適切である。その場合は係数の設定を変更するか、モデルを再構築し、再度モデルを動かし、現実世界をよりよく描写できるモデルになるまでモデルの改訂を繰り返す。

本研究で構築された嘉南地域の農地利用変化に関する簡単なモデルの概要を図 5.8 に示す。また、構築したモデルを用いて農地利用変化をシミュレートした結果を図 5.9 に示す。ここで用いたモデルの詳細および政策的含意については稿を改めて明らかにする。

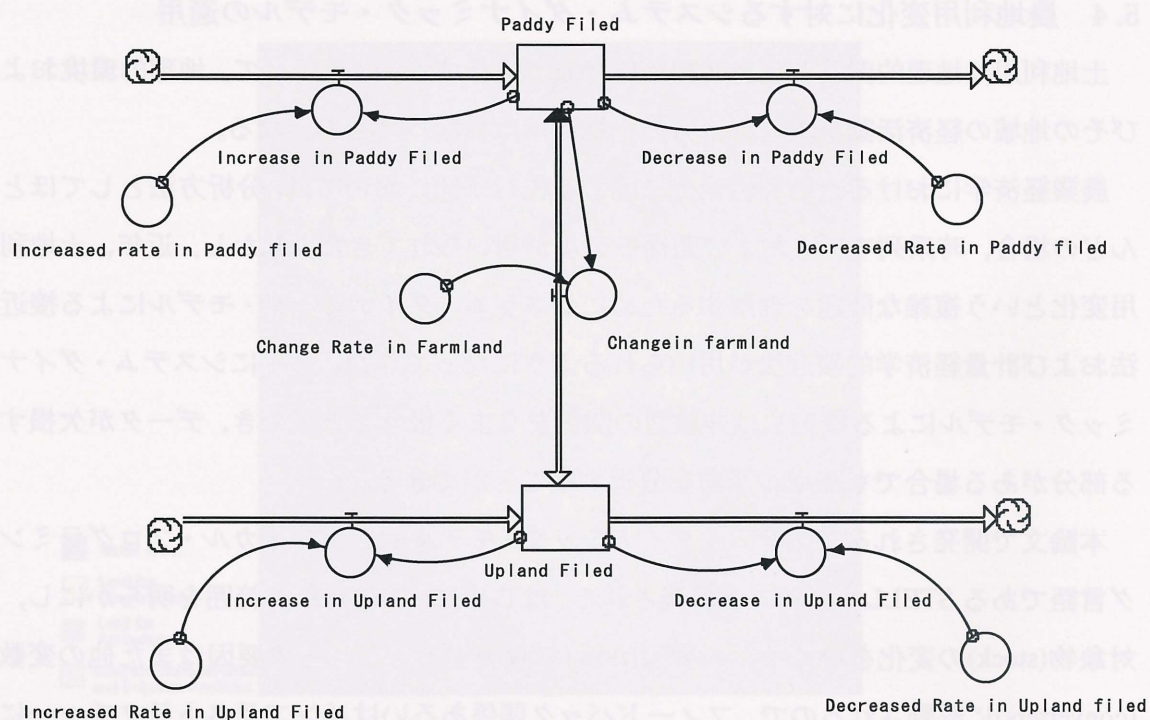


図 5.8 農地利用変化に関するシステム・ダイナミック・モデル

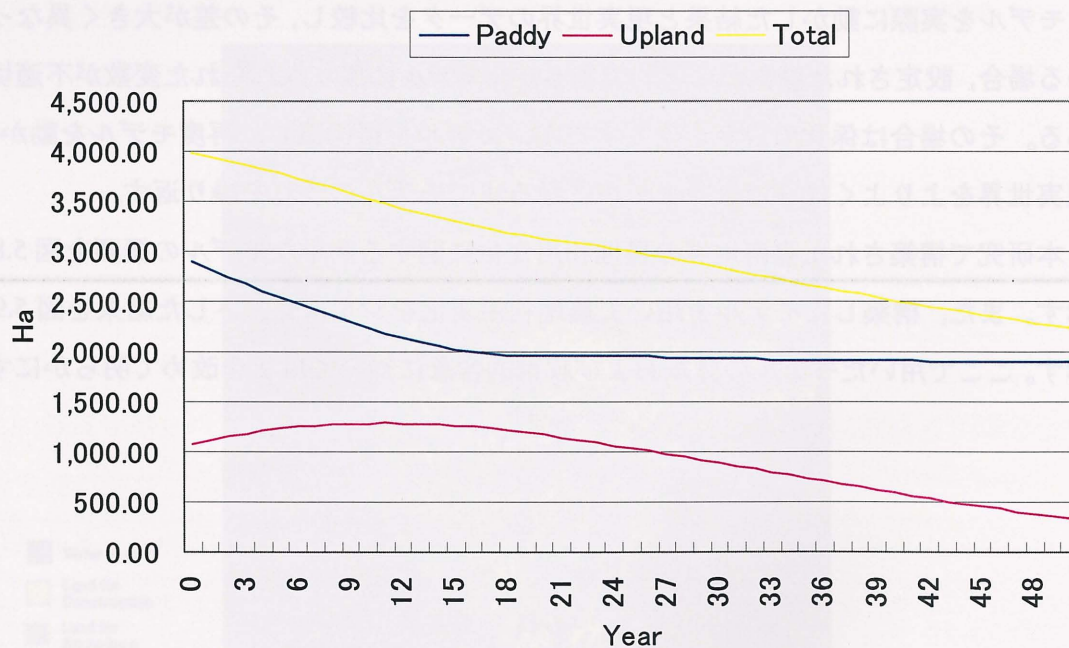


図 5.9 農地利用変化のシミュレーション

(横軸は 1970 年を 0 としている。)

5.5 結語

嘉南灌漑プロジェクトは過去において嘉南地域の農業開発に重要な役割を演じてきた。それは嘉南地域の穀物生産の増大に寄与してきたのみならず、農家経済の改善にも大きく寄与してきた。しかし、高度経済成長後、農業は下降状態に入り、嘉南灌漑プロジェクトの効果は以前に比べると小さくなってきた。最近では、農業用水よりもむしろ都市の飲用水や工業用水に利用するためにそれが使われている。嘉南灌漑プロジェクトは、将来、嘉南地域の経済開発において重要な役割を演じ続けることになるだろう。

現代社会の複雑化した関係を理解するために、学際的な研究がますます注目を浴びるようになってきた。本論文は農地利用の変化を解析するために、衛星画像データとシステム・ダイナミック・モデルを結び付ける一つの試みであった。今後はこの方法を農地のみならず一般用途の土地利用変化の解析に利用していく予定である。

謝辞

京都大学大学院農学研究科生物資源経済学専攻博士課程学生游振銘氏にはデータ収集、衛星画像解析、モデル構築など本研究を進めるにあたって全面的な協力を得た。ここに記して謝意を表したい。また、京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻鳥井清司助教授には衛星画像の利用に関してご便宜をはかっていただいた。記してお礼を申し上げたい。さらに、この研究の機会をお与えてくださった京都大学大学院地球環境学堂小林慎太郎教授には心からの謝意を表したい。

参考文献

1. 斉藤充功, 「百年ダムを造った男 土木技師八田與一の生涯」, 時事通信社, 1997 年
2. Bruce, Hannon and Matthias, Ruth. Dynamic modeling. New York: Springer-Verlag, 1994.
3. Bruce, Hannon and Matthias, Ruth. Modeling dynamic economic systems. New York: Springer-Verlag, 1997.
4. Department of agriculture and forestry Taiwan provincial government, Taiwan agricultural yearbook, 1950-2000.
5. State government of Tainan. The general outlook of Tainan irrigation works, 1933.

第6章 広域市町村圏の空間特性を考慮した土地利用モデルの構築

京都大学大学院地球環境学堂

西前 出

6.1 はじめに

地域研究において、土地利用を規定する様々な要因を探ることは、地域計画や環境計画の観点からも最も重要な関心事の一つである。近年は、各種空間基盤データの整備やGISの普及に伴って、より簡単に土地利用解析を行うことが可能となり、様々な空間スケールでの地域研究が行われている。しかし、集落や市町村といった地域を対象とした研究が数多く行われている一方で、日本全国を対象とした土地利用モデルに関する研究はいまだに数限られている。環境問題における二酸化炭素の排出量を推定する上でも土地利用は根幹となる指標であり、国土計画上の必要性からみても更なる進展と実証的研究の上積みが必要とされるところである。しかし、狭い地域を扱う場合とは異なり、広域的な地域を対象とした分析には、空間的な二つの問題が生じてくる。一つ目は、スケールリングの問題である。分析単位を選択する際には、適当な大きさの空間スケールを選択するが、同じ統計データを用いても分析単位が異なると導き出される結果も違ってくる。第3章では、回帰分析による農地規定要因を探る上で、県レベルと市町村レベルでの階層の違いによってモデルパラメータが異なることを実証している。したがって、日本全国を対象とする場合には、適切な空間スケールの分析単位を導入する必要がある。ここで着目したい空間単位として広域市町村圏を取り上げたい。第1章では、階層分散分析により都道府県、広域市町村圏、市町村という3階層の空間単位の特性を抽出し、広域市町村圏において社会経済活動に関する指標の地域的コントラストが明瞭に現れることを示している。つまり、各種の人間活動の多くは、広域市町村圏という空間規模で閉じられているため、人間活動の地表面への投影である土地利用を観察する際の単位として適当であることを示唆している。

二つ目は地域的・局所的な空間影響の変動の問題である。土地利用モデルに通常の回帰分析を適用すると、地域の土地利用構造⁴の空間的な変動を捕らえることができない。近年、空間解析の分野では、地域の空間変動を区別する解析手法が主流となっていてい

⁴土地利用とその土地利用を規定する要因との関連性と定義する。

る (Brunsdon et al, 1998)。自己回帰モデルやランダム係数モデルなどの多くの分析手法が取り上げられてきたが、GIS の発展と共に開発された地理的重み付け回帰 (Geographically Weighted Regression, 以下 GWR) はモデリングと共に簡便に空間影響を把握できる点で優れている。特に、周囲を海に囲まれ南北に細長い国土を有する日本は、長い歴史の中で限られた土地を有効かつ最大限に活用すべく、地域ごとに特有の土地利用を形作ってきた経緯がある。したがって、地域の土地利用構造をモデルに組み込むことのできる、GWR は非常に有効なモデリング手法であると考えられる。

以上の知見から、広域市町村圏の空間特性を利用して地域の土地利用構造を把握した日本全国の土地利用モデルを構築することを本章の目的とする。

6.2 広域圏データベースの構築

広域市町村圏は、都市及び農村漁村地域が一体となって形成されている日常社会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、1969 年に大都市圏を除く全国に設定された。当時は、高度経済成長政策が本格的に展開され、また過密・過疎問題による地域の衰退現象が表面化し始めた頃であった。その対策として広域市町村圏は道路網の整備など開発型のハード面中心の施策が展開されたため、バブル崩壊後の時代の流れに必ずしもうまく対応しなかったが、市町村と都道府県の上に位置する新しい生活圏単位として認識された。また、全国をほぼ網羅した広域市町村圏のシステムを完成させたことは、その実体が不十分ではあっても、その後の広域行政を展開する重要な橋頭堡を手に入れたという意味で画期的であったといえる。

本研究では、土地利用データに国土数値情報のメッシュデータを使用した。データ年次は、1987 年である。土地利用を規定すると考えられる様々な社会経済データ、自然条件データはこれらの年次に合わせる形で国勢調査、工業統計、商業統計など極めて多岐にわたる統計資料を集計し、広域市町村圏データベースを構築した (表 6.1)。また、日本全域をカバーするように研究対象地域は、広域市町村圏 (330 圏域⁵) と大都市周辺広域行政圏 (24 圏域)、および人口規模を考慮して独自に設定した圏域 (23 圏域) を合わせたものとした (図 6.1)。本稿ではこれらの圏域を総称して広域圏と呼ぶこととする。

⁵ 1987 年時点での広域市町村圏の数は 336 圏域であるが、鹿児島県の奄美群島、沖縄県の宮古、北部、八重山、中部、南部の 6 圏域は地理的な位置を考慮して分析対象から外した。

表 6.1 広域圏データベースの概要

データ項目	指標	出典
年齢分類別人口	人口密度	国勢調査
	DID 人口密度	
	若年齢人口率	
	生産年齢人口率	
	高齢者人口率	
	第一次産業就業者比	
	第二次産業就業者比	
	第三次産業就業者比	
	昼間人口比	
農業関連指標	農家率	世界農林業センサス
	専業農家率	
	第一種兼業農家率	
	第二種兼業農家率	
	農業粗生産額	
製造業・サービス関連指標	製造品出荷額	商業統計
	商店数	工業統計
	事業所数	
	小売販売額	
自然条件関連指標	傾斜 0-3 度の面積比	土地分類図付属資料
	傾斜 3-8 度の面積比	
	傾斜 8-15 度の面積比	
	傾斜 15 度以上の面積比	
	標高 0-100m の面積比	
	標高 100-200m の面積比	
	標高 200-400m の面積比	
	標高 400m 以上の面積比	
	山地の面積比	
	丘陵地の面積比	
	低地の面積比	

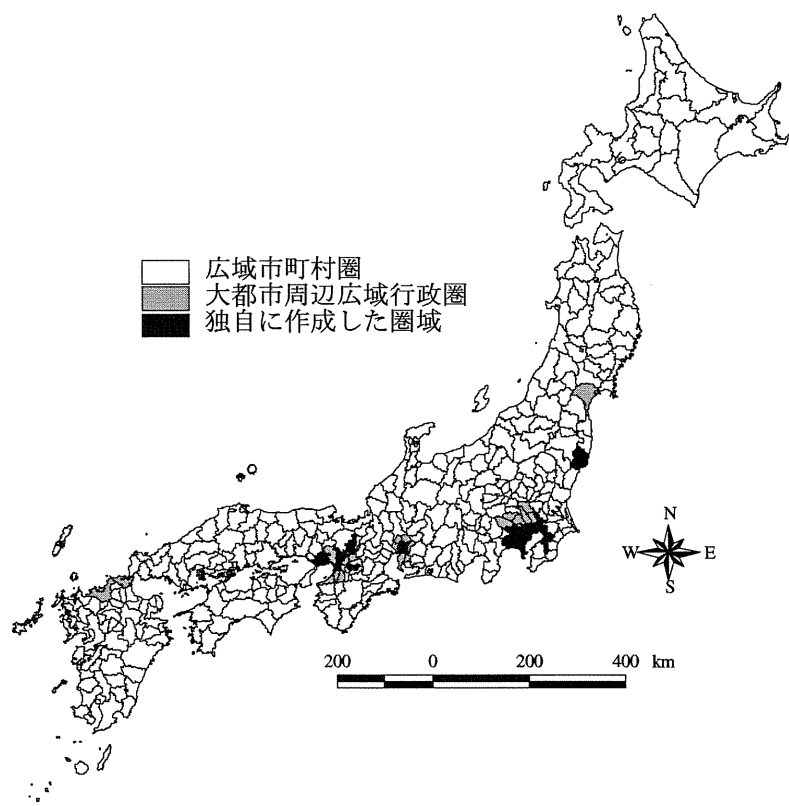


図 6.1 広域圏

6.3 分析手法

GWR は、伝統的な回帰分析の手法の枠組みを拡張して、パラメータが局所的に変化するようにしたモデルである。広範囲な地域に対してモデルパラメータの空間的な変動を示すため、地域的な特徴を把握することが容易である。

GWR は、回帰分析を応用させた分析手法である。重回帰分析は次式で与えられる。

$$y_i = \sum_k a_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (6.1)$$

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 ($k=1,2,\dots,p$)

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

パラメータは次式で与えられる。

$$\hat{a} = [X^T X]^{-1} X^T y \quad (6.2)$$

X : 説明変数 x の行列形式 ($n \times p$)

一方, GWR は次式で与えられる。

$$y_i = \sum_k a_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (6.3)$$

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 ($k = 1, 2, \dots, p$)
 (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
 ε_i : i 地点の誤差項

パラメータは次式で与えられる。

$$\hat{a}(u_i, v_i) = [X^T W(u_i, v_i) X]^{-1} X^T W(u_i, v_i) y \quad (6.4)$$

X : 説明変数 x の行列形式 ($n \times p$)

$W(u_i, v_i)$: $n \times n$ 行列の対角行列

地域分析に従来の重回帰分析を適用した場合, 地域全体で一組のパラメータが得られ, 説明変数が被説明変数に与える影響 (パラメータの大きさ) が, 地域内で一様であることを仮定している。これに対し, GWR では分析単位毎の各変数に対してパラメータが得られるので, それぞれの要素の空間的変動を把握することができる。

(6.4)式において $W(u_i, v_i)$ 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。本研究では, カーネル関数として, 次の関数を仮定する。

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{d_{ij}^2}{\beta^2}\right) \quad (6.5)$$

d_{ij} : i 地点と j 地点との距離
 β : 定数

(6.5)式から w_{ij} の値は d_{ij} の値が減少するほど増大することがわかる。つまり, j 地点の変数は i 地点との距離が近いほど i 地点におけるキャリブレーションの際の影響が強くなり, 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, 観測した地域の近傍では, 類似した土地利用構造を持つことを仮定している

ことになる。つまり、地域内に同じような土地利用形態がある一定の広がりをもって分布していることを示しており、観測した地域から距離が離れる程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知見にも合致する。

(6.5)式における最適な β の選択方法としてクロス推計法 (Cross-Validation Approach) を用いる。これは次式を最小にする基準で求める。

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(\beta)]^2 \quad (6.6)$$

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

GWR により、説明変数の回帰係数は空間的に変化する。この空間的な変化は空間要素との関係を示し、モデリングと共に、地域ごとの変数間の影響の変化を把握することができる。

6.4 分析結果

GWR を用いて農地率⁶を被説明変数とする土地利用モデルを構築した。(6.5)式における i 地点と j 地点の距離 d_{ij} を求める標本地点は、各広域圏の中心市町⁷⁽⁴⁾ とし、決定係数の分布が最も高くなるように総当り法を用いて、表 6.1 の変数から 4 つの説明変数を選択した (表 6.2)。また、変数は全て標準化した。このとき、(6.6)式を β に関して最小化したところ、図 6.2 に示す結果となった。

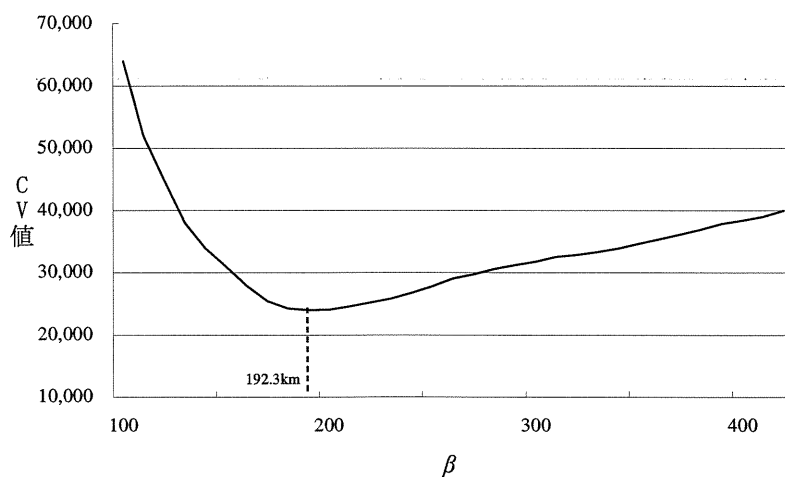


図 6.2 CV 値と β

⁶ 国土数値情報の土地利用区分の田、畑、その他の樹木畑を合わせて「農地」とした。

⁷ 中心市町を二つ以上有する場合は、1987 年時点の人口が多い市町を中心とした。

表 6.2 選択された説明変数

説明変数	定義
人口密度	人口／面積
低地率	低地 ^{注)} ／総面積
農家戸当たり農業粗生産額	農業粗生産額／農家戸数
事業所密度	事業所数／面積

注) 谷底平野、扇状地、三角州、自然堤防、砂堆、後背湿地、砂丘など

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決定係数も分布図として示すことができる（図 6.3）。最も低い値は南伊豆地区（静岡県）の 0.837 であり、全国的に良好な値を示しておりモデルの精度が高いことがわかる。北海道、東北、および北陸の広域圏は、決定係数 0.9 以上の極めて高い値を示している。比較的農業的性格の強いこれらの地域では、農地規定要因として表 6.2 に示す変数の説

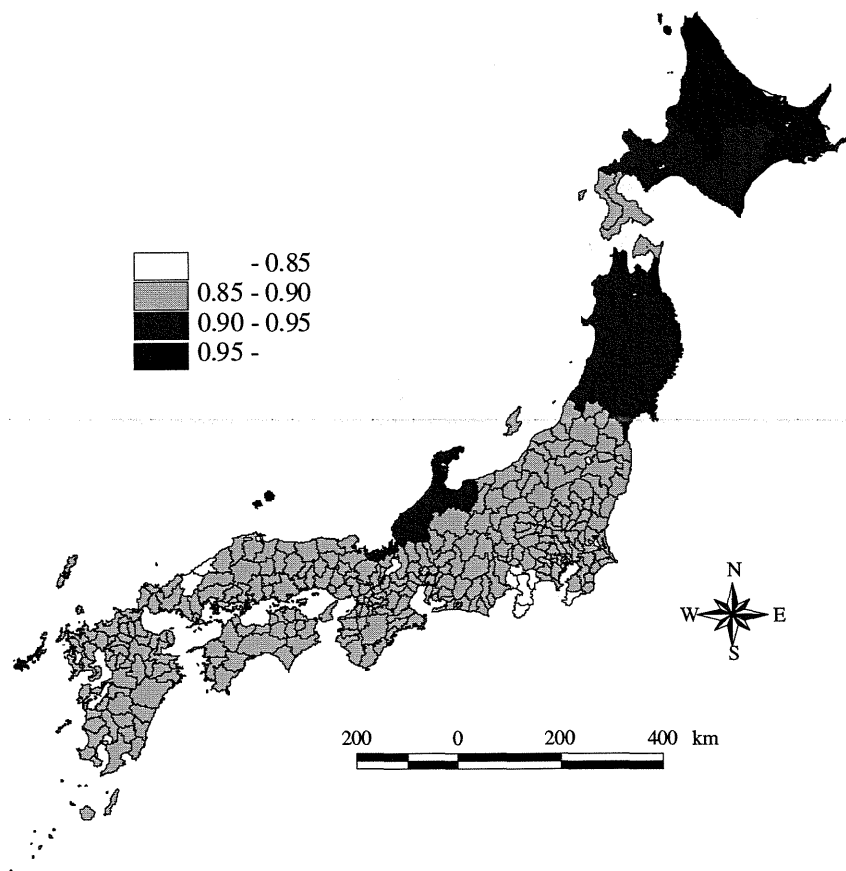


図 6.3 決定係数の分布

図 6.4 に「人口密度」のパラメータの分布を示す。北海道の西部，三大都市圏を含む本州の中央部，および九州の北部の広域圏においてパラメータは負の値を示している。これらの地域はそれぞれが近郊に 100 万人以上の大都市があるため，都市スプロールの影響を受けて人口圧が農地転用の要因となっており，負の値を示していると考えられる。一方で，東北や中国地方では正のパラメータを示しているものの，人口圧が農地に正の要因であるという解釈は経験的知見からも合致せず，その数値が 0.0～0.2 程度の小さな値の範疇にあることから考えても，人口圧が農地に大きな影響を与えていない地域と考えられる。

地形条件では，「低地率」が選択された（図 6.5）。多くの既往研究においても，農地を規定する要因には地形条件が強く働いており，本モデルにおいても同様の傾向を示している。本モデルは，被説明変数に「農地」として田，畑，その他の樹木畑を統合した

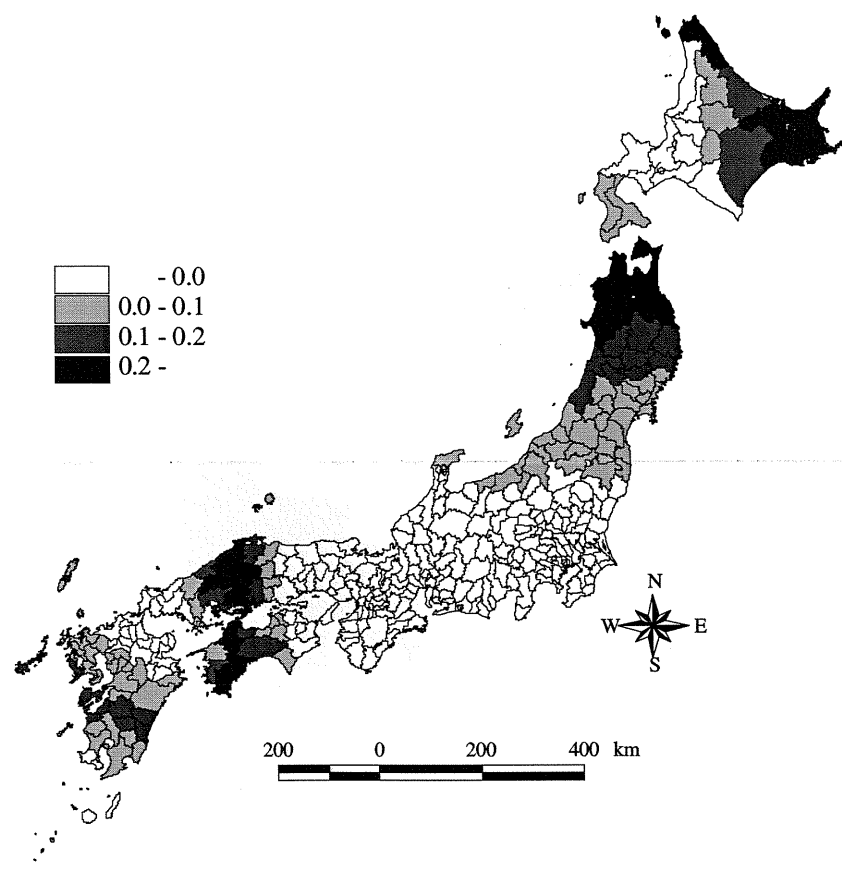


図 6.4 人口密度のパラメータの分布

指標を用いているため、傾斜や標高といった特定の地目に適した地形条件は選ばれなかった。しかし、「低地」は農地全般に適した地形条件を有する指標であることから選択され、すべての広域圏でパラメータは正の値を示している。

「農家戸当たり農業粗生産額」のパラメータの分布は、全域で正の値を示していることがわかる（図 6.6）。この指標は、農業関連指標で唯一選択されたが、全国的に正のパラメータを示している。農家一戸当たりの生産額が高くなれば営農意欲も高まり農業を続ける傾向があるので、農地規定要因として、この変数が選択されたものと考えられる。

図 6.7 に「事業所密度」のパラメータの分布を示す。首都圏、および近畿圏を中心とした広範囲な地域で-0.2 以上の負の値を示しており、事業所の密度が農地分布の負の要因となっている。全国的にも負の地域が多く、都市的な土地利用と農地が競合している広域圏が多いことを示している。

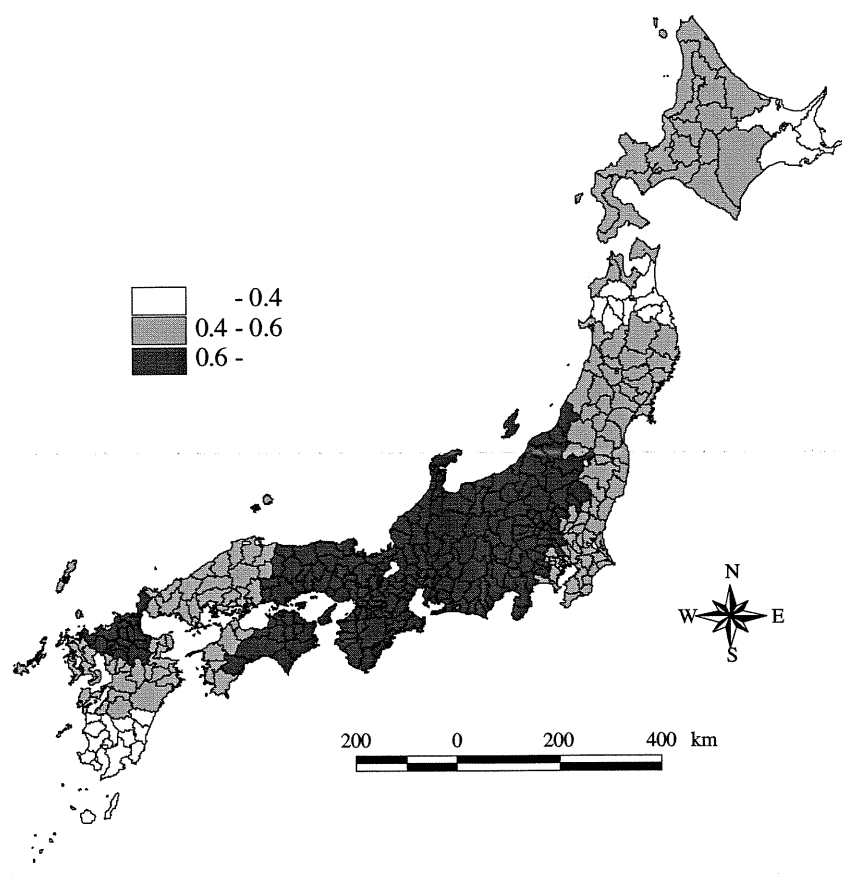


図 6.5 低地のパラメータの分布

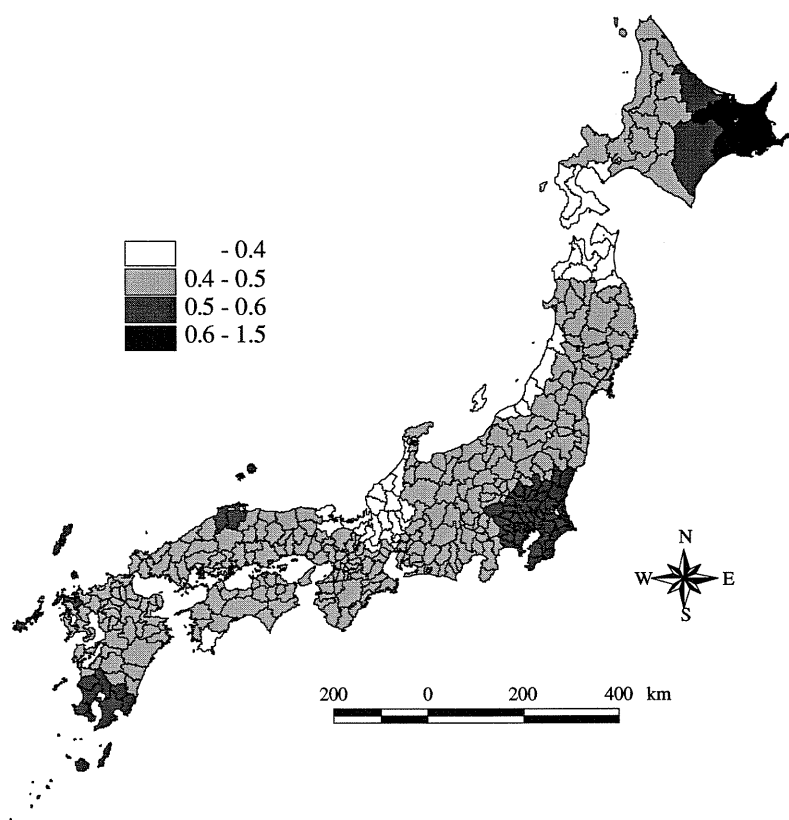


図 6.6 農家戸当たり農業粗生産額のパラメータの分布

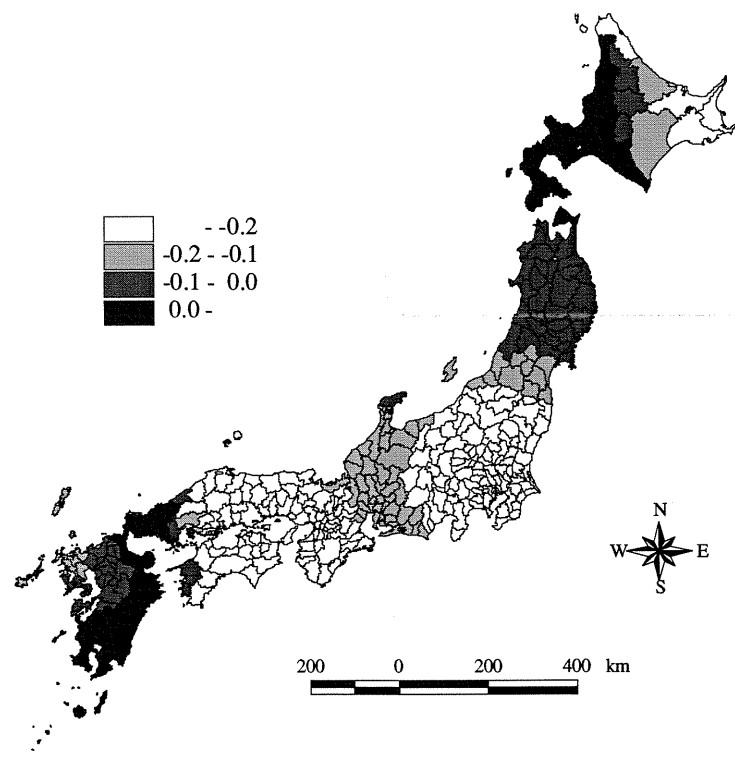


図 6.7 事業所密度のパラメータの分布

6.5 結論

本研究は、広域市町村圏を中心とした広域圏が人間の生活圏域とほぼ一致する圏域である特性に着目し、日本全国の農地を規定する要因を抽出し、土地利用モデルを構築したものである。

本研究では、別途 GWR を用いて「宅地⁸」の土地利用モデルを構築してみたが、人口密度、事業所数などの社会経済的変数を用いるだけで、全国的にパラメータの空間変動が少なく寄与率も一律 0.9 以上のモデルが構築された。都市的土地利用の「宅地」を規定する要因は、都市的指標のみから選ばれ、ほぼ全てが正のパラメータ値を示す。その土地利用構造は広域市町村圏単位で観察した場合、日本全国を通じて空間的に変化しないことがわかる。したがって、宅地モデルには通常の回帰分析を適用しても良く、GWR の地域的パラメータから得られる情報は少ない。都市的土地利用を微細な空間単位で検討した場合は、極めて複雑な土地利用構造を有するが、広域市町村圏の持つ空間単位はそういった関係の多くを内包するため土地利用構造は空間的に均一化される。

農地を規定する要因は、自然条件、農業関連指標からそれぞれ、「低地率」、「農家戸当たり粗生産額」が選択された。一般的に農地に正の要因として認知されるこれらの変数は全国的にみても正のパラメータを示し、かつ大きな空間変動はみられない。しかし、自然条件、農業関連指標だけではモデルの適合度は上がらず、負のパラメータを示す都市的な変数を選ぶと良い結果が得られる。全国的に農地は減少傾向にあり、都市化の影響が強い要因として働いているためであると考えられる。また、その関連性は全国的に一律ではなく、パラメータは空間的に正から負へと大きく変動しており、広域市町村圏単位では地域的な差違の表れる複雑な土地利用構造を持つことが明らかになった。

市町村合併が強力推進されるなかで、「多極分散型の国土形成」を念頭におけば、生活圏と一致した広域市町村圏規模の空間スケールで地域的な特色を持った広域行政が行われていくであろう。農地を規定する要因は、既に地域的特性が明瞭に現れていることが明らかになった。したがって、日本全国の土地利用を分析・予測するためには本研究のように空間規模を考慮し、地域特性をモデルに汲み上げることが必要不可欠となる。現在、日本全国をカバーする土地利用データは国土数値情報のみであり、その時点も限られているが、今後の空間データ整備は更に進んでいくであろう。これと平行して、実

⁸ 国土数値情報の土地利用区分の建物用地、幹線交通用地を合わせて「宅地」とした。

証的な土地利用研究を積み重ねることで更に精度の高い土地利用モデルを構築することが可能となる。本研究はその方向性に合致し、国土計画、地域計画に有効な情報を提供するものである。

参考・引用文献

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, No.1, pp.325-330.

Brunsdon, C., Fortheringham, A.S., Charlton, M.E. (1996) : Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Nonstationarity, Geographical Analysis, vol.28, pp.281-298.

Brunsdon, C., Fortheringham, A.S., Charlton, M.E. (1998) : Spatial nonstationarity and autoregressive models, Environment and planning A, Vol.30, pp.957-973.

Fortheringham, A.S., Charlton, M.E., Brunsdon, C. (1998) : Geographically Weighted Regression: Natural Evolution of the expansion method for spatial data analysis, Environment and Planning A, vol.30, pp.1905-1927.

Hoshino S. (2001) : Multilevel modeling on farmland distribution in Japan. Land Use Policy, Vol.18, pp.75-90.

資料

「広域行政圏計画策定要綱」の概要

平成 14 年 4 月

総務省自治行政局

第 1 趣 旨

- ・ 21 世紀の到来を目前に控え、広域行政圏及びその広域行政機構のあり方について、日本の政治経済社会の大きな構造変革に対応して、新たな展開を図る必要
- ・ 地域間の交流を効果的に進める観点から、自主的な市町村合併を積極的に推進

第 2 広域行政圏

1 広域行政圏の設定の手続き

- ・ 都道府県知事は、広域行政圏（広域市町村圏又は大都市周辺地域広域行政圏）を設定し、総務大臣に報告（総務大臣との協議を廃止）

2 圏域の見直し

- ・ 日常生活圏域の拡大等広域行政圏設定後の情勢の変化に対応した適切な見直しの実施
- ・ 「市町村の合併のパターン」における合併対象地域が広域行政圏の圏域によって極力分断されることがないように、広域行政圏の圏域の見直しによる適切な調整

第 3 広域行政機構

1 広域行政機構の設置

- ・ 広域行政圏に属する市町村は、広域行政機構として、一部事務組合若しくは広域連合又は協議会を設置

2 広域行政機構の充実強化

- ・ 協議会である広域行政機構の一部事務組合又は広域連合への移行
- ・ 広域行政圏内の広域行政機構以外の一部事務組合又は広域連合の広域行政機構への統合

第 4 広域行政圏計画

1 計画の策定

- ・ 広域行政圏の将来図及びこれを達成するために必要な施策（市町村事業、広域行政機構の実施事業、その他の一部事務組合及び広域連合の実施事業並びに都道府県事業）等について広域行政機構が計画の案を作成し、必要に応じ、都道府県に意見照会（都道府県との協議を廃止）

都道府県は、必要に応じ、広域行政機構に対して助言又は勧告

- ・ 協議会である広域行政機構は協議会の会議で、一部事務組合又は広域連合である広域行政機構は議会の議決を経て広域行政圏計画を策定
- 2 計画策定の際の総括的留意点
- ・ 計画策定に際しての住民の意向の反映方策の実施（住民参加の基礎となる情報の公開，住民懇談会の設置，アンケート調査の実施等）
 - ・ 計画の目標設定に当たって，可能な限り成果を表す指標を設定し，その目標については極力数値化
- 3 計画の構成
- ・ 基本構想，基本計画及び実施計画から構成
- 4 基本構想に関する事項
- ・ 広域行政圏の地域の振興発展の将来図及び施策の大綱
 - ・ おおむね 10 箇年の期間を設定
- 5 基本計画に関する事項
- ・ 基本構想に基づく圏域の総合的かつ一体的な整備のための施策の体系
 - ・ 基本構想の期間以内で弾力的に期間を設定
 - ・ 計画に基づく施策の実績を積み重ねることにより，結果的に圏域の一体感がさらに醸成されている場合には，必要に応じ，圏域全体又は圏域内の一部の区域を基礎とした市町村合併について検討
- 6 実施計画に関する事項
- ・ 基本計画に掲げる事項を実現するための事業の全部又は一部の実施の具体的計画
 - ・ 毎年度向こう 3 箇年度を期間とするローリング方式

第5 国の措置等

1 国の措置

- ・ 広域行政圏計画の策定に要する経費の一部及び広域行政圏の振興整備に関する事業に要する経費の一部について地方交付税の算定上，所要の措置を講ずる。

2 広域的市町村の取扱い

- ・ 一の広域行政圏に属するすべての関係市町村の合併により新たに設置された市町村の振興整備に関する総合的な計画を広域行政圏計画とみなし，引き続き必要な行財政上の措置