

市街地と農地の境界線の複雑性に着目した市街地外縁部の空間特性：福岡県糸島地域を対象として

中川， 聡一郎
九州大学大学院人間環境学府都市共生デザイン専攻修士課程

鶴崎， 直樹
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

坂井， 猛
九州大学新キャンパス計画推進室

出口， 敦
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

<https://doi.org/10.15017/20688>

出版情報：都市・建築学研究. 16, pp.25-31, 2009-07-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門
バージョン：
権利関係：

市街地と農地の境界線の複雑性に着目した市街地外縁部の空間特性 —福岡県糸島地域を対象として—

Analysis on Boundary Line Complexity between Urbanized and Rural Area —Case Study on Itoshima Region of Fukuoka Prefecture—

中川聡一郎*, 鶴崎直樹**, 坂井 猛***, 出口 敦**

Souichirou NAKAGAWA*, Naoki TSURUSAKI**, Takeru SAKAI***
and Atsushi DEGUCHI**

As one of characteristic points of Japanese cities, the boundary lines between urbanized and rural area have formed the dynamic complex figures caused by sprawl. This study aims to clarify the complexity of boundary lines through the case study on the rapid growth in Itoshima Region. Based on chronological analysis, it clarifies the transforming process of the lines and the differences between the edges of actual urbanized areas and the land use control lines regulated by the city planning system. It shows that the boundary line complexity in the case has patterns classified into four types by the fractal dimension and 200-meter mesh analysis, and Consequently proposes that the patterns of urban sprawl can be classified by the quantitative analysis elaborated through the case study.

Keywords : Urbanization Promoting Area, Non-urbanized Area, Land use, Sprawl, Fractal
市街化区域, 市街化調整区域, 土地利用, スプロール, フラクタル

1. はじめに

1.1 研究の背景

郊外は急激に増加した都市人口の受け皿となり、急速に農地転用による開発が行われてきた。それに伴い、都市的土地利用と農的・自然的土地利用の境界線(以下、境界線)は、市街地拡大の最前線として市街化と農地保全の狭間として変容してきた。更に、境界線は都市計画制度上の市街化区域の拡大とともに変化してきた。

日本の郊外には、近代以前から市街地と農地が入り組むことで、複雑な境界線が形成されていたが、日本の都市計画は、そのような市街地外縁部において、市街地と農地を分離し、土地利用の純化を進めるために直線的な境界線による線引き制度を施行してきた。しかし、実際には市街地外縁部では市街地と農地という異なる土地利用が入り組み、その境界線は複雑化している。その時系列変化を明らかにすることは市街地の拡大のダイナミックな変化を捉えるひとつの方法になり得ると考えられる。境界線の複雑な地域は日本中の至るところに存在しており、境界線の複雑性を定量化し、その特性や形成過程を

明らかにすることは、日本の市街地外縁部の土地利用の特徴を捉える上で重要である。

土地利用の複雑性を定量化する方法としては、メッシュを用いて土地利用の混合度を分析する幾何学的な分析手法(JOIN)によるもの¹⁾や、セルラーオートマタモデルによるもの²⁾、フラクタル理論によるもの³⁾などが存在している。フラクタルとは1983年、Mandelbrotが提唱した幾何学の概念である。その指標であるフラクタル次元は図形の複雑性、自己相似性、不規則性を表し、M.Batty and P.Longleyの「Fractal Cities」⁴⁾では、都市の形態はフラクタルであるとされており、更に、フラクタル理論はミクロとマクロ、グローバルとローカルといった様々なレベルで分析が可能であり、都市形態の解析に用いられている³⁾。よって本研究では境界線の複雑性を定量化するためにフラクタル理論を用いた。

1.2 研究の目的

そこで本研究では、市街地の拡大に伴って形成された市街地と農地の境界線の複雑性に着目し、市街化の進む福岡都市圏西部を対象に、複雑な境界線の分布特性と時系列変化を把握し、境界線とその周囲の土地利用変化の特徴を明らかにすることを目的とする。

* 都市共生デザイン専攻 修士課程

** 都市・建築学部門

*** 新キャンパス計画推進室

1.3 研究の位置づけ

市街地の外縁部分を対象にした研究としては、スプロール現象の解明について多くの研究がなされている⁵⁾が、市街地外縁部における土地利用の混在地域を前提とした用途分布の把握が多くを占め、市街地と農地の境界線と、その複雑性に着目して市街化を分析したものは少ない。また、それらは制度の評価に主眼が置かれており、市街地外縁部の土地利用実態の分析をした研究は少ない。

都市の複雑性に注目した研究としてはフラクタル理論による都市形態の解析がある⁶⁾が、ミクロな視点から市街地外縁部の空間構成を明らかにしたものは少ない。

市街地外縁部の農地景観の評価を目的に農地のエッジラインに着目した研究⁷⁾があるが、これは景観に着目しており、本研究における境界線とは視点が異なる。

1.4 研究の方法

本研究では、都市計画基本図等を用いて市街地の拡大の時系列変化を明らかにした上で、更に市街地と農地の境界線の複雑性と土地利用の変化等の特性を以下の観点から分析する(図1)。

(1) 対象地全体の境界線

市街地の周囲長と面積および対象地全体のフラクタル次元を求め、境界線の形態的特性を定量的に分析する。

(2) フラクタル次元を指標とする複雑性

境界線をメッシュに分割し、フラクタル次元を求め、その複雑性を明らかにする。

(3) 境界線の時系列変化

フラクタル次元の時系列変化を明らかにし、そのパターンの類型化を行う。また、各パターンの時系列変化を詳細に追い、境界線の変化の要因を明らかにする。

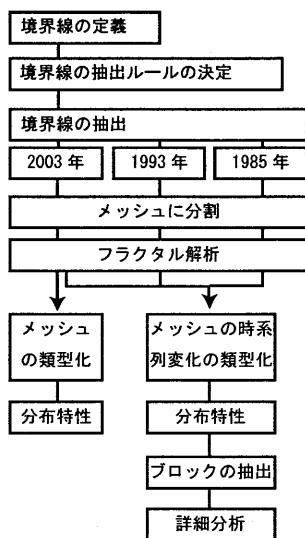


図1 研究のフロー

1.5 研究対象地の概要

本研究は福岡市西区西部と前原市(以下、糸島地域)のうち、2市に跨る市街化区域から500mの範囲を対象とする(図2)。糸島地域は福岡都市圏の外縁部に位置し、1970年代以降、急速に都市化し、その都市域を拡大させてきた。土地区画整理事業による一体開発が多く行われた地区やミニ開発が行われた地区、集落等も残っており、多様な開発形態を有している。また、今後も九州大学の統合移転等に伴い、更なる人口増加が予想されている。

2. 境界線の抽出

2.1 境界線の定義

本研究では、都市的土地利用がされている地区(市街地)と農的・自然的土地利用がなされている地区(特に、農地)との境界を境界線と定義して分析を行う。

2.2 抽出ルール

境界線の抽出には、福岡市、前原市(旧前原町)の都市計画基本図(1/2500)および土地利用現況図を用い、図に記された敷地境界と地図記号を元に境界線を抽出した。なお、抽出に当たり現地で境界線の確認を行った(写真1)。

2.3 フラクタル理論

本研究では境界線の複雑さを定量化するために都市形態の解析にも利用されているフラクタル理論を用いる。フラクタル次元の計算には、一般的に用いられる、ボックスカウンティング法を用いた。このとき、フラクタル

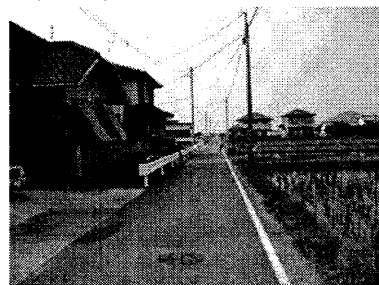
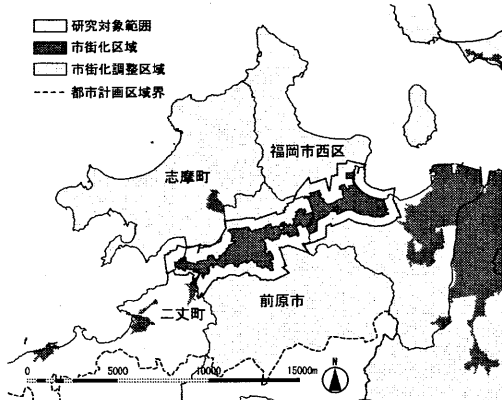


写真1 糸島地域の境界線周辺

次元D（以下D値）は次の式で定義される。

$$N = 1/r^D$$

N：対象図形を含むセル数
r：セルの一辺の長さ

D値の大きさは図形の複雑性を示し、最も単純な「直線」のD値が1、「面」のD値が最大値2となる。

ボックスカウンティング法によるD値の算出は、まず、画像を一辺の大きさがrの正方形の小領域に分割し、対象となる図形を含む小領域の個数N(r)を数え、対象となる領域に様々な大きさのセルをかけ、Nとrの対数をとると、グラフの傾きがフラクタル次元Dとなる(図3)。

3. 糸島地域の境界線の特徴

3.1 2003年時点の境界線

2003年時点の糸島地域の市街地と農地の境界線を抽出し、分析を行った(表1)。糸島地域全体は長い周囲長を持つ複雑な境界線を持っている。また、2003年時点の市街化区域面積は、実際の市街地面積とほぼ一致した。しかし、周囲長は1/6以下であり、調整区域に存在する

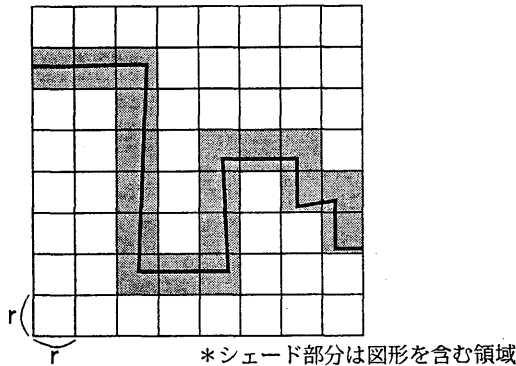


図3 ボックスカウンティング法

市街地も3割存在し、線引き制度による市街化区域と現実の市街地とのズレを示している。

3.2 境界線のD値の分布と類型化

(1) 200mメッシュのD値の分布

2003年時点の境界線を200mメッシュで区切り、メッシュごとにD値を求めた。メッシュの大きさの決定に当たっては、100m, 200m, 300mを比較した。100mメッシュは、一辺が対象地の農地の区画とほぼ一致するため、多くのメッシュ内の境界線が直線になる。それに対し、300mメッシュでは、1メッシュの中に、直線的な境界線と複雑な境界線を含みやすくなり、D値が均質化してしまうため、本研究では200mメッシュを用いた。

さらに、D値の平均値と標準偏差から閾値を設定し、4グループに分類した^{註2)}(表2)。その結果、対象範囲ではBタイプが最も多いことが明らかになった。

(2) D値の分布特性

2003年時点のD値の分布を分析した(図4)。

表1 市街地の境界線と市街化区域

市街地(2003)	面積(m ²)		周囲長(m)	フラクタル次元
	区域内	区域外		
	9,174,301(71%)	3,806,957(29%)	12,981,258	1.409
市街化区域(2003)	12,997,042		53,579.0	1.172

表2 200mメッシュのフラクタル次元

フラクタル次元(D値)	メッシュ数	構成比	境界線の特徴	分布地の特徴	傾向と課題
A 1.28以上	79	11%	複雑な境界線	集落や斜面地、ミニ開発地に分布	市街地と農地が隣接し、騒音、日照問題等が起きやすい
B 1.07以上1.28未満	353	48%	一般的な境界線	全体に広く分布	糸島地域において最も多い
C 0.86以上1.07未満	179	25%	直線的な境界線	土地区画整理事業地や大規模商業施設用地、工場地等に分布	明確な境界として認知されやすい
D 0.86未満	110	15%	境界線はほぼ存在しない	農地、もしくは市街地	土地利用が純化されている
合計	721	100%			

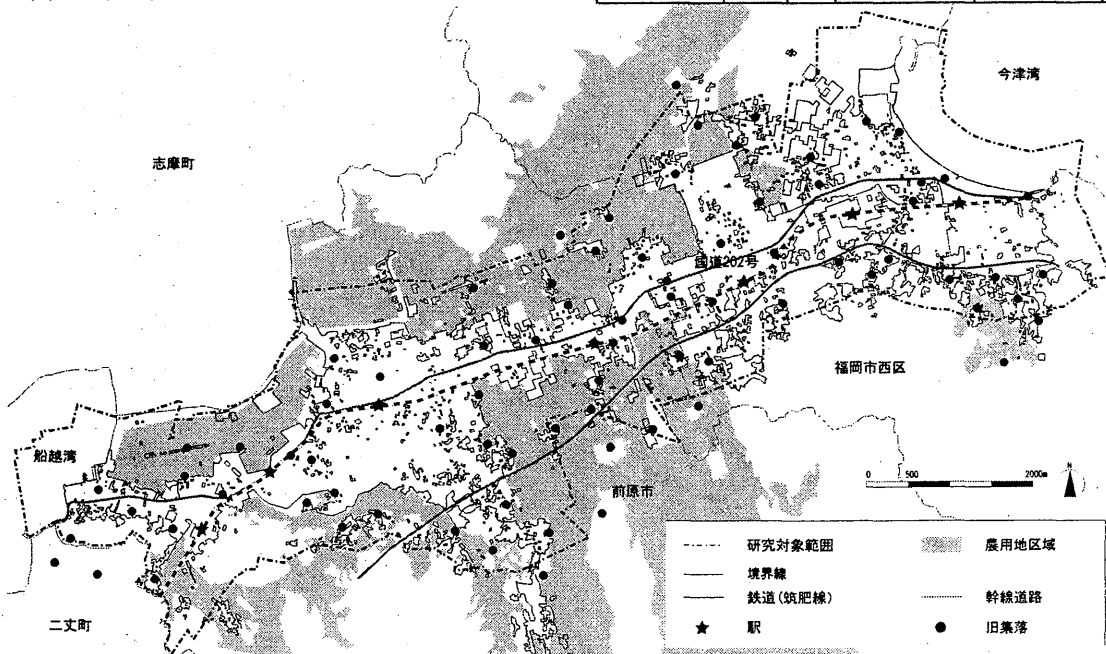


図4 2003年時点の境界線

①法規制による分布特性

D値の高いメッシュは、福岡市西区側では市街化区域外縁部の農振白地に、前原市側では市街化区域内縁部の農地周辺に見られた。どちらも相対的に開発規制の緩い地域において複雑な境界線が形成されていると言える。

②開発方法による分布特性

大規模な区画整理事業が行われた地域では計画的開発により直線的な境界線を形成しやすい。旧集落周辺やスプロール地区は、1.3前後の高いD値を示した。

③隣接土地利用による分布特性

境界線の内側には住宅、商業施設、空地などが多く隣接し、外側には田畑、山林、水面などが隣接している。用途地域とD値の相関をみると、工業系の用途地域では工場など開発単位の規模が大きく、宅地単位の開発よりも直線的な境界線となり易い。また、境界線に隣接して立つ大規模公共施設においても同様である。

④旧集落との関係

旧集落周辺でD値が高い値を示した。その要因として、区画が整えられておらず、集落の複雑な空間構成を引き継いでいること、集落周辺では農用地の指定がしにくく、市街化が進行し、境界線も複雑になる。

⑤幹線道路、駅との関係

国道202号および駅周辺では、すでにほぼ完全に市街化し、D値は低い値を示した。それに対し、調整区域へと伸びる幹線道路沿いには沿道開発によって複雑な境界線が形成されている。

⑥地形による分布特性

斜面地において、複雑な境界線が形成され、その隣接土地利用としては、山林が多く存在している。それに対し平野部では、区画が整理され、市街地と農地の比較的直線状の境界線を形成している(図5)。

4. 境界線の時系列変化

4.1 境界線のD値の変遷

境界線の複雑性の時系列変化を明らかにするため、資料の収集可能であった福岡市について、1985年、1993年、2003年の3時点について境界線を抽出した。

3時点通して市街地は拡大しているが、1993年から2003年にかけては、市街地が拡大しているものの、周囲長が減少し、D値は上昇していない。これは都市内農地を充填する開発が発生し、境界線が消滅したこと、および土地区画整理事業による一体開発によって直線的な境界線を持つ市街地が拡大したためと考えられる(表3)。

4.2 D値の変化によるメッシュの分類

まず、D値の変化の意味をまとめる。D値の上昇は、虫食い状の開発などによる境界線の複雑化を意味し、低下は計画開発や都市内農地の充填により、境界線の単純化または消滅を意味する。さらにD値が一定のときは、境界線の変化がない、もしくは複雑性が一定のまま開発が進行したと考えられる。

表3 境界線の時系列変化

	市街地(m)	都市内農地(m)	周囲長(m)	フラクタル次元
1985年	5,080,386	307,600	160,016	1.316
1993年	6,031,969	313,392	171,508	1.327
2003年	6,748,764	277,725	165,348	1.327

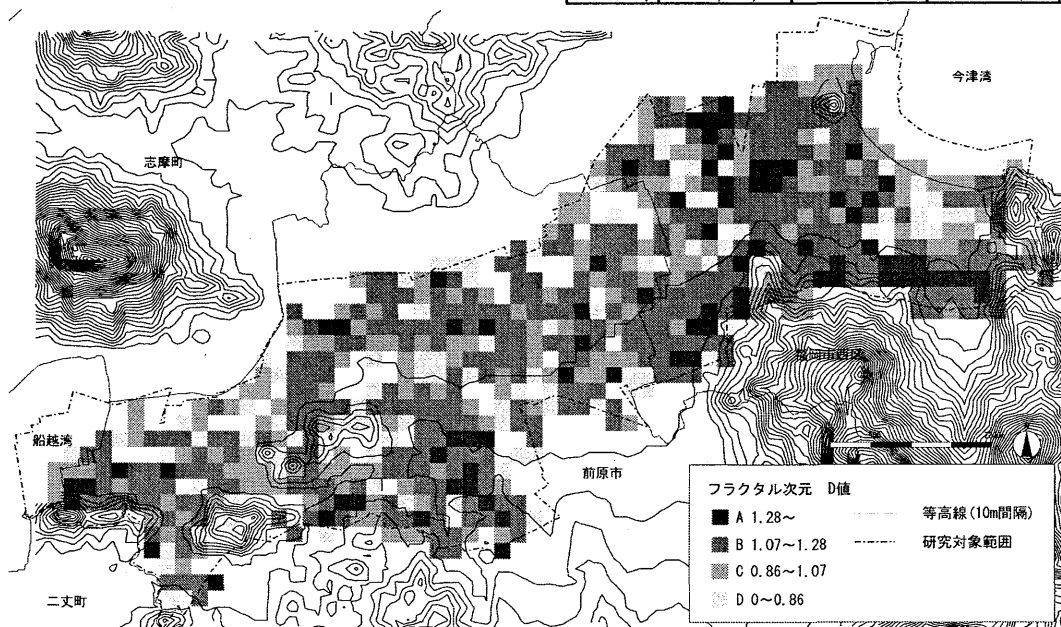


図5 フラクタル次元の分布と地形

次に、D値の時系列変化によって、メッシュを9つの変化パターンに分類できた^{註3)}。そして、1985年時点の境界線の分類と重ね合わせると4×9のマトリックスで表示でき、それぞれA1からD9に分類した(表4, 図6)。

①パターン1, 2: 複雑性の上昇したこれらのパターンは、主に市街地の外縁部、市街化区域の外側に分布している。パターン2はD値が上昇後、安定したメッシュで、パターン8と共にメッシュ数が多くなっており、85年から93年にかけて現在の境界線の構成が確立したメッシュが多い。

②パターン4, 7: 近年D値が上昇しているパターンで、区画整理後に新たな都市内農地が発生したものと都市内農地を充填した後、新たなバラ立ちが発生した。土地区画整理事業が行われた地区においては、区画整理後に遅れて都市内農地が発生したためD値が上昇した。よって、2003年時点で土地の造成が完了した田尻地区も都市内農地が発生し、現在D値は上昇していると考えられる。

③パターン5: D値が変化していないパターンで、メッシュ数が最も多い。特にD値が高いメッシュが多く、これらのメッシュは85年時点ですでに高い複雑性を有しており、個別の開発が起こっても、D値には大きな変化はなかった。つまり、境界線の複雑性の上限の存在を示唆し

ている。また、D値が低く、一体的開発による直線的な境界線が更新されたメッシュにも同様のことが言える。

④パターン8, 9: D値が減少したパターンで、1985年時点の市街化区域内に多く分布しており、都市内農地を充填することで、D値が減少している。

⑤パターン3, 6: 近年D値が減少しているもので、パターン8, 9の外側に存在し、近年都市内農地の充填が進んだ地域、もしくは、一度複雑化した境界線を埋めるように開発が進み、境界線が単純化したパターンである。

4.3 ブロックごとの詳細分析

各タイプごとの境界線の時系列変化とその要因を明らかにするために、詳細分析を行う。その対象として、4ブロックについて、各タイプのメッシュおよびその周辺8メッシュの計9メッシュを抽出し、85年、93年、03年時点の境界線の変化を分析する。

①ブロック1: 田尻地区周辺(図7左)

過去数回にわたって大規模土地区画整理事業が行われた地区であり、境界線の位置が大きく変化した。開発は

表4 1985年のD値と時系列変化のマトリックス

番号	変化パターン		1985年時点のD値				計
	1985~1993	1993~2003	A	B	C	D	
1	上昇	上昇	0	2	4	3	9
2	上昇	変化なし	3	31	27	14	75
3	上昇	低下	0	17	5	9	31
4	変化なし	上昇	2	7	4	5	18
5	変化なし	変化なし	29	42	13	17	101
6	変化なし	低下	8	8	1	2	19
7	低下	上昇	1	10	5	1	17
8	低下	変化なし	11	21	13	3	48
9	低下	低下	4	8	3	0	15
計			58	146	75	54	333

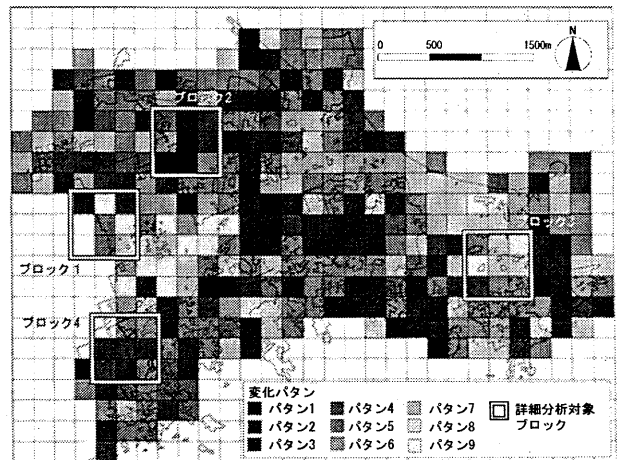


図6 D値の変化パターンの分布

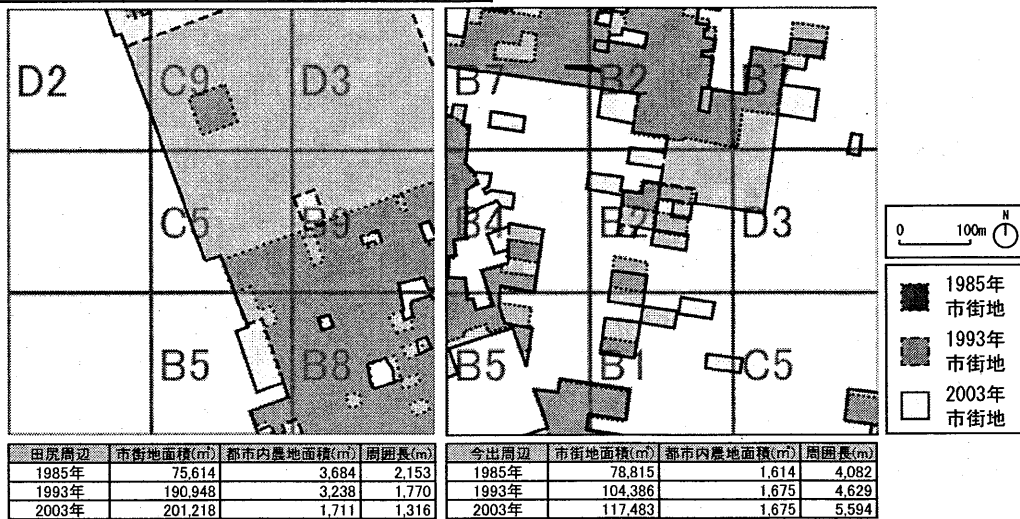


図7 4ブロックの境界線の時系列変化(左から、ブロック1(田尻地区周辺)、ブロック2(今出地区周辺))

いずれも計画的、大規模なもので、直線的な境界線の更新が続いた。そのため、このメッシュのD値は安定して1.0前後を推移している。つまり、面積的には大きな変化が起きているが、境界線の構成としては大きく変化していないと考えられる。

②ブロック2：今出地区周辺（図7右）

農振白地地域に位置し、農地に散在していた宅地をつなぐように開発が起き、新たにバラ立ちの開発が行われ、開発面積は大きくはないが、境界線の複雑さは増加している。よって市街地と農地が接する部分が増加し、騒音や日照等の問題が起りやすくなっている。

また、周辺にはタイプB2も存在している。一度は都市内農地を充填し、D値は減少したが、再び開発の滲み出しが起り、D値も上昇した。

③ブロック3：今宿地区周辺（図8左）

市街化区域内部にあり、多くの都市内農地が存在し、連坦した農地を形成していたが、開発により分断、細分化された。境界線の長さは細分化に伴い一時増加したが、更なる開発によって減少に転じた。

④ブロック4：平田地区周辺（図8右）

市街化区域内に散在していた宅地を取り込みながら開発が進行し、入り組んだ複雑な境界線を作り出して、D値も上昇した。その後、開発過程で残された農地が充填されて、単純な境界線へと変化した。個別開発によって市街化区域界に合わせて境界線が単純化した。

5. おわりに

本研究では、市街地と農地の境界線を定義し、糸島地域を事例として、抽出することで、市街地と市街化区域

のズレを定量的に示した。また、200 mメッシュで境界線を分割し、フラクタル次元を用いて分析を行った。その結果、境界線の複雑性に関わる要因として、法規制、旧集落の位置、開発規模、地形などが挙げられた。特に、農振白地などの相対的に規制が緩い地域で境界線が複雑になることが明らかになった。

糸島でのケーススタディでは、過去3時点の境界線の変化をフラクタル次元によって比較し、その変化が9つのパターンに分類できることを示した。実態として、近年では境界線の複雑化は全体的に収まりつつあるが、局所的には市街地外縁部で複雑化が進み、市街地内部から外側に向けて単純化が進行しつつあることが明らかとなった。また、1985年から1993年には境界線の形態は安定化し、複雑性には上限が存在しているとも考えられる。

さらに、ブロックごとに詳細な分析を行い、計画的な開発ではフラクタル次元が変化しないこと、小規模な開発でも無秩序な開発が進行するとフラクタル次元が大きく変化することが明らかになった。つまり、フラクタル次元は開発の面積ではなく、開発の形態によって変化する。よって、フラクタル次元を見ることで、市街地の空間構成の変化を捉えることができるといえる。

また、スプロール地区と集落は、ともに高いD値を示したが、よりマイクロに人が空間としてどのように感じるのか、拡大する境界線の変化に対して、縮小する境界線の変化はどうか、そもそも境界線は縮小するか、といった視点による調査を今後の課題としたい。

補注

注1) 都市的土地利用としては、住宅用地、商業用地、工業用地、公益施設用地、農林漁業施設用地、道路用地、交通施設用地、公共空地とし、農的・自然的土地利用としては、田、畑、山林、水面、その他

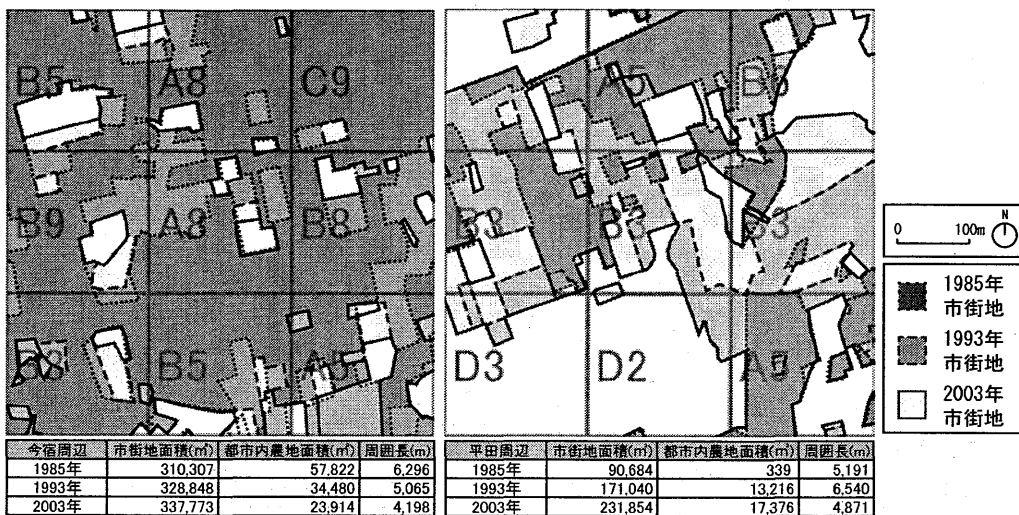


図8 4ブロックの境界線の時系列変化（左から、ブロック3（今宿地区周辺）ブロック4（平田地区周辺））

の自然地, その他の空地とする。

注2) 閾値は境界線を含まないメッシュ(フラクタル次元が0)を除く, 721メッシュの平均値1.07とそれを中心に標準偏差の幅を取って0.86と1.28を閾値とした。本来フラクタル次元は1未満になることはないが, ボックスカウンティング法はスケールの影響を受け1以下の値が出る。そこで本研究では0.86を閾値としてそれ以下は境界線が存在しないとみなした。

注3) 0.05を閾値として, 2時点の差が ± 0.05 以上のものを, 上昇, 低下, 変化なしの3つに分けた。さらに, 3時点間の変化は9パターンに分けられる。

参考文献

- 1) 小出 治 「土地利用混合度の適用並びにその検定」都市計画学会論文集, No.12, pp.79-84, 1977年
- 2) 生田目 将慎・神谷 良信・松葉 育雄 「都市発展のフラクタル解析とセルラオートマタモデル」電子情報通信学会技術研究報告, NLP, 非線形問題, No.101(135), pp.53-58, 2001年

- 3) 文泰憲・萩島哲 「都市形態に対するフラクタル解析」都市・建築学研究, 九州大学大学院人間環境学研究院紀要, 第1号, pp.137-143, 2001年
- 4) M.Batty・P.Longley 「Fractal Cities」 Academic Press Inc, San Diego, 2004年
- 5) 原田 慧・出口 敦 「市街化調整区域における開発の実態と都市計画法改正による影響—福岡県糸島地域を事例として—」日本建築学会研究報告九州支部, 第46号・3, pp.425-428, 2007年
- 6) 黒岩孝・佐藤敬太郎・大内宏友・松原三人 「航空写真のフラクタル解析による市街地の形態分類および変化領域の抽出」環境情報科学論文集, No.19, pp.71-76, 2005年
- 7) 松本邦彦・柴田祐・澤木昌典 「農地のエッジライン分析を用いた大都市周縁部の農地景観の特性に関する研究」日本都市計画学会学術研究論文集, No.43-3, pp.565-570, 2008年

(受理:平成21年6月4日)