

ネットワーク・ピクセルアレイ型の地理情報を用いた住区内街路網評価システム¹ Analysis System for Residential Street Networks Using the Geographical Database of Network and Pixel-Array Model¹

三谷哲雄²・山中英生³・青山吉隆³

Tetsuo MITANI, Hideo YAMANAKA and Yoshitaka AOYAMA

1. はじめに

住宅地区の街路網は交通基盤としての網機能とともに市街地基盤として街路に接する宅地を支える機能を有している。したがって、住宅地区の街路網評価では、一般に個々の道路レベルの交通安全性や道路環境の望ましさの評価とともに、街路沿道の宅地レベルの市街地形成への影響や防災性など周辺市街地における住環境の評価が必要になる。

交通ネットワーク分析では、交通ゾーンと街路ネットワークによる地理的構造を基本とする場合が多い。この場合、一定の規模を持ったゾーンの内部属性は均一と仮定されており、またゾーンとネットワークリンクの連結関係は、ゾーン中心とネットワークノードの対応しか持たない。このため、周辺市街地における街路網性能の評価を分析することは難しい。一方、一般のGISでは宅地レベルの効果計測のために土地形状をポリゴンデータとして扱っているが、複雑な幾何計算を要するという問題が残っている。

そこで本研究では、周辺市街地の地理的構造を細かなピクセルの集合として捉えることで、住区内のネットワークを、それが形づくる市街地に及ぼす影響を考慮して、簡便に評価するシステムを開発した。そして、徳島市の非計画的市街地における細街路網評価に対して、このシステムを活用した計算方法や結果の提示方法を示し、その場合の特徴や問題点などを検討する。

2. ネットワークデータベースシステム

(1) ネットワーク・ポリゴン型データモデルの問題

一般に用いられているGISでは、地理情報は表-1のようにネットワーク、ポリゴン、ポイントの3つの形状構造で表現されている。

このようなポリゴンを用いた場合、ネットワークとポリゴンの間の近接関係の検索やポリゴン間の重なり等の計算を行う必要がある。こうした幾何計算の方法は、数多く開発されている。しかし、以下のような問題を有する。

① ネットワークと周辺土地区画との隣接関係の検索には両者の関連付けの基本演算が必要となるが、こうしたリンク集合のボロノイ領域作成とポリゴン間演算には、複雑で大量の計算処理が必要になる。

② 特に時系列データを扱う場合、座標入力精度のために同一点の座標が入力誤差などを持つことが多く、ポリゴン計算ではこれらの処理に複雑な判定が必要になる。

(2) ネットワーク・ピクセルアレイモデルの特徴

本研究では、施設や土地利用の情報を持ったポイントやポリゴンのデータを、図-1のように地区を覆う細かなピクセルの属性に変換する方法を用いることにした。このピクセルは、その周辺の方角領域を代表すると考えられる。このことから、地理情報をネットワーク、ピクセルの2つの形状要素のみで表すことになる。このシステムを本研究では、ネッ

表-1 地理情報のデータ形状

データ形状	地理情報
ネットワーク	道路網
ポリゴン	行政区、施設形状、土地利用境界線（市街地・非可住地など）、地形形状（河川、山林など）等
ポイント	施設代表点、行政区代表点等

¹キーワード：住宅地区、街路網評価、地理情報システム
細街路

²学生員 工修 徳島大学大学院生産開発工学専攻

³正会員 工博 徳島大学工学部建設工学科
〒770徳島市南常三島町2-1
TEL(0886-56-7350)/FAX(0886-56-7351)

トワーク・ピクセルアレイモデルと呼ぶ。

このデータモデルを用いることで、計算処理等に以下のような特徴を有する。

①幾何計算が簡便である。土地利用属性を持つピクセルとネットワークを構成するリンクとの間の近接関係は、ピクセル座標を使った距離計算で求められる。

②ピクセルを均質なユニットとして捉えているため、その集計の考え方が明解である。例えば特定な利用のなされている土地面積の算定や各ピクセルに生じた効果の算定などは、ピクセル数を集計することで算定できる。

③時系列データを統一的に扱える。土地利用情報の時系列変化は、各ピクセルごとにその対応を取ることができるので、ピクセル属性変化として統一的に扱える。

一方、ポリゴン情報をピクセル情報に変換することによる問題点としては、一般に土地の面積や空間分布の精度がポリゴンモデルに比べて劣ることがあげられる。ただし、ピクセル密度を大きくすることで、その精度を向上させることはできる。このようなピクセルの密度について、本研究では以下のように想定した。すなわち、「計画図や評価結果を出力する縮尺の図面において、ピクセルの色分け図等を表示した時、それがほぼ測地的なデータを表示した画像、すなわち、地物の形状を明示してその図上に統計情報を表示した画像、として見える程度の密度を持つこと」と設定した。一般に出力図面をその画像として識別可能な最低限度のピクセル数は縦横約100×100ピクセル程度であることから、例えば100ha程度の地区を扱う住区街路網計画では、おおよそ10m×10m程度がピクセルの最大サイズと言える。

(3)ネットワーク・ピクセルアレイ型データベースの作成方法

図-2に、データベース構築の流れ図を示す。

住宅地図あるいは都市計画図に道路中心線、施設代表点、市街地・用途地域区分などの土地利用区分の境界線、これらを記入したベースマップを作成する。図-3にベースマップの概念図を示す。住宅地図は、道路や土地の形状、土地種別（住宅・田畑など）が比較的簡単に認識できるという特徴を持つが、

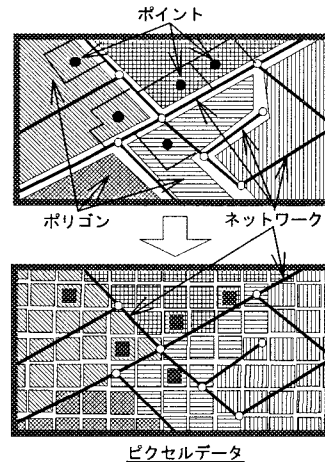


図-1 ネットワーク・ピクセル型データへの変換

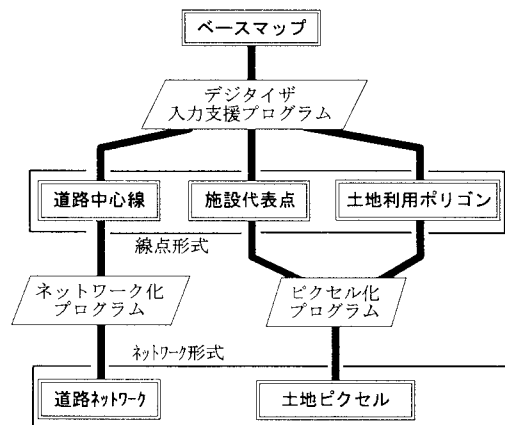


図-2 データベース構築の流れ

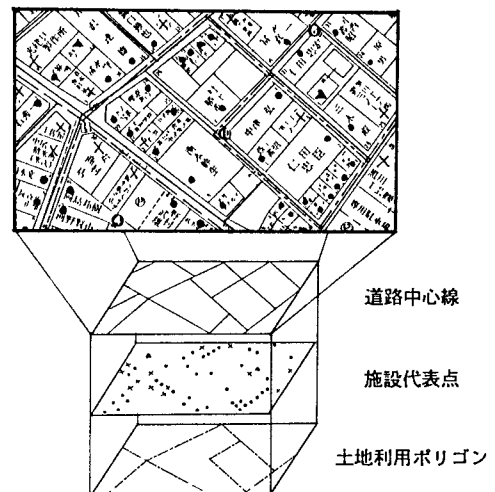


図-3 ベースマップの概念図

道路や敷地の認識が不確実であり、ベースマップ作成上ページの切れ目が一致しないなどの問題を有する。しかし、線や点で表す道路中心線や土地利用境界線、施設代表点の位置を入力する上では、住宅地図の持っているある程度の誤差は許容される。ただし、街路幅員などの属性については別途道路台帳などから入力することで対処できる。

このベースマップをデジタイザによって線と点とで構成されたデータ形式（線点形式と呼ぶ）で入力する。道路データは、線点形式データから種々のネットワーク計算が可能な形式に変換する。施設代表点は、入力したポイントデータとピクセルデータとのマッチングを行い、施設情報をピクセルデータの属性として変換する。土地利用ポリゴンは、その境界線の頂点座標を入力し、それをピクセルデータに変換する。この時、各ピクセルの属性は、ポリゴンの土地利用情報を持つか否かの0、1情報として作成する。

各データモデルが持つ属性を表-2に示す。ネットワークデータの属性は、それを構成する各リンクごとに入力する。ピクセルは、施設および土地利用の属性を持つ。土地利用の属性については、入力する土地利用ポリゴンの種類によって様々な属性を持つことができる。

(4) 応用ソフトウェアによる計算例

応用ソフトウェアとしては、街路リンクとピクセルとを関連付けるプログラムやネットワーク計算プログラムを開発した。

ピクセルとリンクとの関連付けは、各ピクセルの座標からすべてのリンクに下ろした垂線長さが最も短いリンクをそのピクセルの最寄りリンクとして関連付ける。これには、線分と点の距離計算を全てのリンク・ピクセル間について行う単純なプログラムを用いている。図-4は、各リンクの最寄りピクセルを表したもので、ネットワークの近似的なボロノイ領域図と言える。

ネットワーク計算プログラムでは、ピクセルから特定街路や特定施設などへの最短経路の探索や最短アクセス時間、アクセス距離、折れ曲がり回数などのアクセス特性値の計算が可能である。これには、ダイクストラ法等の最短経路探索を用いている。図

-5は、各ピクセルから幹線街路への最短経路を進んだときのアクセス時間別のピクセルの空間分布図を示したものである。

3. システムの適用事例

(1) 非計画的市街地における細街路網評価

一般に非計画的市街地の街路網に関する共通な問題点として、狭隘道路の存在や地区の骨格的街路の不足があげられる。こうした問題に起因して、地区の交通環境上の問題や住環境の問題、また災害時の

表-2 データの属性

データモデル	地理情報	付属属性
ネットワーク	道 路	幅員、道路の格、路線価、用途地域区分など
	施 設	建物の種別や世帯数など
ピクセル	土地利用	市街地、用途地域など

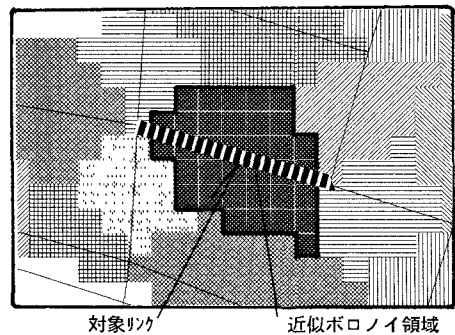


図-4 リンクとピクセルの近接関係

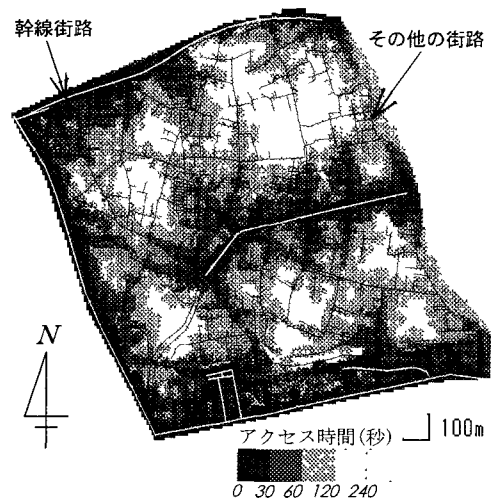


図-5 幹線街路へのアクセス時間別ピクセル空間分布

表－3 分析対象地区（1991年次）

対象地区(市街化率*)	市街化段階
名東 (39%)	スプロール初期
矢三 (57%)	スプロール中期
沖洲 (58%)	スプロール末期
津田(60%) 吉野(68%)	密集市街地

*)都市的未利用地以外の道路を除く面積の地区面積に対する割合を示す。

避難活動や緊急自動車の進入の困難さなどの問題を引き起こしている。

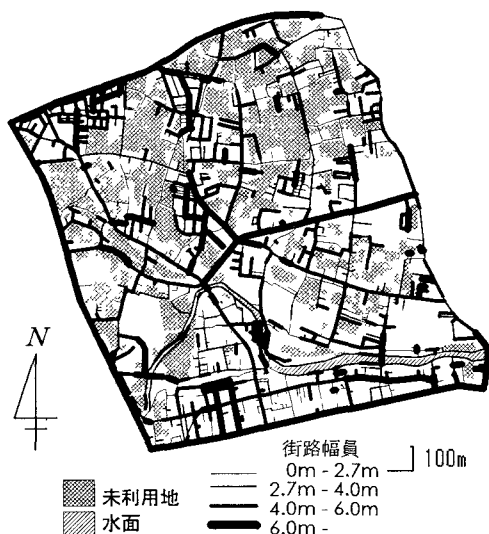
そこで、本研究ではこうした住区内街路網の問題に対して、市街地分布を考慮して街路網を評価するために先のシステムを適用した。具体的には、市街地環境の1つの側面である防災性の視点から、徳島市内の非計画的市街地における細街路網の実態分析を例に、本システムを用いた場合の計算方法やその結果を示す。

(2)分析対象地区と分析に用いたデータ

分析対象地区は、表－3に示すように市街化段階の異なる4地区を選定した。さらに、名東、矢三、沖洲地区については、細街路形成や市街地形成などか街路網評価に及ぼす影響を検討するため、1991年の前後4～10年間隔で合計3時点を対象とした。

各地区について、1991年の住宅地図を基にベースマップを作成し、図－6に示すような街路網および土地利用データを入力した。街路網属性は、徳島市現況平面図(縮尺1/500)から道路幅員を図上計測して各リンクに属性として入力した。一方土地利用データは、地区内の田畑、空き地など都市的利用がなされていない土地区画(未利用地と呼ぶ)の境界線(ポリゴン)を住宅地図上で判断し入力した。これを、地区全体を覆うピクセルの属性として変換した。1ピクセルのサイズは10m×10mとした。したがって、ここでは、ネットワークを構成する各リンクの幅員属性と各ピクセルの市街地か未利用地かの属性(市街地属性と呼ぶ)を用いることになる。

また、1991年以外の地区データは、リンクやポリゴンデータの編集プログラムを開発することで、1991年次のデータベースに街路リンクや土地利用ポリゴンを計算機上で追加したり、削除することで作成した。



図－6 分析に用いた街路網および土地利用データ

(3)ピクセル前面街路幅員

ピクセル前面街路とは、ネットワークとの近接関係の情報から特定したピクセルの最寄りリンクのことである。図－7は、前面街路幅員ランク別の土地面積構成比の例を示したものである。この例からは、密集市街地の津田では、市街地のうち約40%が4.0m未満の狭隘街路に面しており、スプロール化の遅かった名東では、その割合は30%程度であることがわかる。

いまピクセルから前面街路への直線距離が当該年次から次年次にかけて短くなった場合、そのピクセル周辺で街路が形成されたことになる。したがって、各ピクセルについて、この距離が短くなったとき街路形成有り、変化がないとき街路形成無しと判断して、その時の土地面積を集計する。図－8は、街路形成のあったピクセルについて、1987年から1991年および1991年から1993年にかけての、街路形成前と形成後それぞれの前面街路幅員ランク別構成比を示した例である。この例からは、どちらの年次間の街路形成を見ても幅員4m未満の街路に面していた土地周辺に街路形成が見られ、幅員4m～5mクラスの細街路が数多く形成されていることが分かる。4m未満の街路形成もわずかに見られるが、これは敷地内の通路が住宅地図上では街路と見分けがつかず、それが入力されたためと考えられる。したがって、こうした街路は市街化した敷地の一部と見なせる。

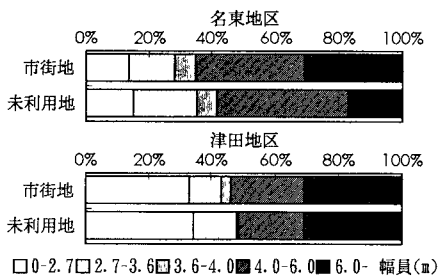


図-7 前面街路幅員ランク別土地面積構成比

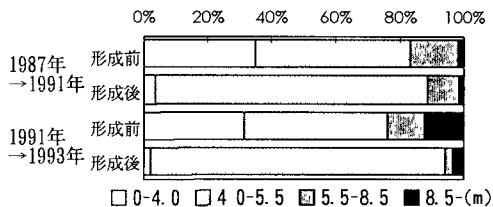


図-8 街路形成の有った土地の前面街路幅員別比率 (名東)

(4) 孤立幅員

災害時などにおける街路の性能から、各ピクセルの安全性を示す指標として、孤立幅員指標を考案した。孤立幅員とは、「あるリンクから最寄りの幹線街路へ出るすべての経路を探索し、各経路の最小幅員の最大値」のことである¹⁾。すなわち、地区外部への車両通行経路上のボトルネックになる街路の幅員である。各ピクセルの孤立幅員は、前面街路の孤立幅員を用いる。

幅員 4 m の街路の場合、普通車が駐車していると大型の緊急車両は通行不能になる。したがって、孤立幅員が 4 m 以下のピクセルでは、幹線街路からの緊急車両のアクセスに対する信頼性が低いと考えて、このようなピクセルの空間位置を分析した。その例を図-9 に示す。スプロール中期段階の矢三地区の場合、孤立幅員 4 m 以下のピクセルは内部に点在していることがわかる。図-10 は、1991 年時の孤立幅員ランク別の土地面積構成比を示した例である。孤立幅員 4 m 未満の問題未利用地は、密集市街地である津田地区よりむしろスプロール進行中の矢三地区の方が多くあることがわかる。図-11 は、孤立幅員 4 m 以下を問題として、横軸に問題となる未利用地、縦軸に問題となる市街地のそれぞれの面積の全土地面積に対する割合をとりプロットしたものである。矢三、名東とも未利用地は減少傾向にあるが、市街地

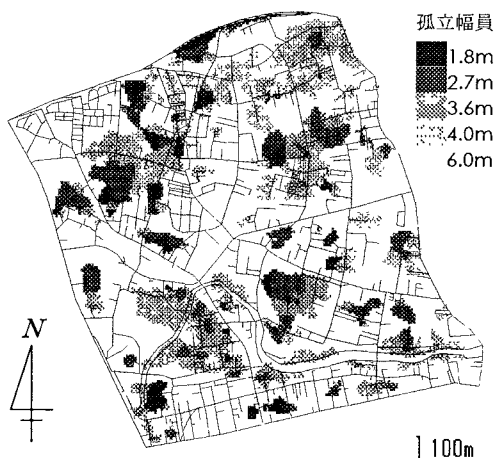


図-9 孤立幅員ランク別ピクセル空間分布 (矢三1991)

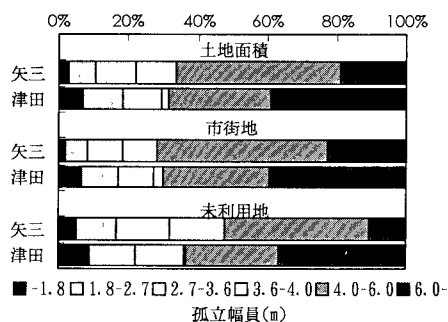


図-10 孤立幅員ランク別土地面積構成比

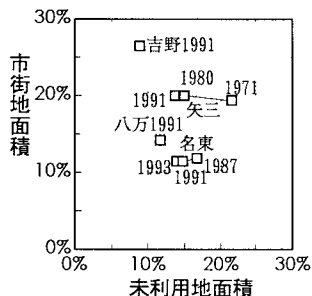


図-11 地区面積に対する土地面積割合 (孤立幅員 4 m 以下)

はスプロール初期の名東では減少し、進行段階の矢三では逆に増加傾向にあることがわかる。

表-4 は、スプロール進行段階の矢三地区における 1980 年から 1991 年にかけてのピクセルの孤立幅員の変化と市街化および変化なしの間の関連を示した例である。なお、都市的未利用地からそれ以外への変化をここでは市街化と呼ぶ。これによると、対角

線上の幅員ランク変化がないピクセルは多いが、僅かながら孤立幅員 4 m 以上から問題ピクセルへと幅員ランクが逆に低下しているピクセルが見られる。ある孤立幅員を持つリンクに街路が接続した場合、その街路の幅員が接続したリンクの孤立幅員より広ければ、もとのリンクの孤立幅員がその街路の孤立幅員になる。このようにして問題孤立幅員を持つ経路上に細街路が形成されたために、幅員ランクの低下が生じていると考えられる。

表－5 は、同じ矢三地区における1980年から1991年にかけての孤立幅員ランクの変化とこうした街路形成との関連を示した例である。これによると、街路形成ピクセル(●)は孤立幅員 4 m 前後に多く、それは1980年時点の全てのランクに見られる。しかし、わずかながら孤立幅員が減少したピクセルも見られる。これは、表－4 の場合と同様に、街路形成前に比べ狭い孤立幅員を持つ経路上に街路が形成されたためと考えられる。さらに、ピクセル周辺に街路形成がないにも関わらず孤立幅員が変化しているピクセルがいくつか見られる。これは、当該ピクセルとは関係ないところでの街路形成が幹線街路へのアクセス経路を変化させ、その影響で当該ピクセルの孤立幅員が変化したものと考えられる。

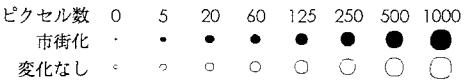
(5)消防活動困難区域

消防対策として街路整備を行う場合の消防活動が困難な区域(消防活動困難区域)の選定基準は、「現況幅員6m以上の道路から直距離で140mの範囲に含まれない区域で消防活動が困難な区域」とされている²⁾。「直距離で140mの範囲」とは、図－12に示すように、消防車停車位置から地区内部へ200mのホースで街路等を通して到達できる範囲のことを意味している。市街化の進んでいない地域の場合、田畑・空地などは細街路と同じようにホースの通路として使えることから、消防活動困難区域は「現況幅員6m以上の道路から200mのホースで空地や道路を通り到達できない区域」と解釈することができる。

本システムでは「孤立幅員 6 m 以上のリンクから各ピクセルまで、未利用地ピクセルが街路を伝って進んだときの距離(到達距離と呼ぶ)」を各ピクセルの隣接関係を探索し⁽¹⁾求めた。そして、その距離が200mを越えるピクセルを消防活動困難区域として

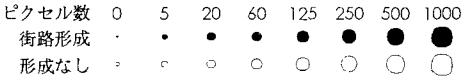
表－4 孤立幅員ランクの変化と市街化ピクセル(矢三)

	1991年										
1980年	0-1 8	1 8-2 7	2 7-3 6	3 6-4 0	4 0-6 0	6 0					Total
0-1 8	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
1 8-2 7	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	●
2 7-3 6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3 6-4 0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4 0-6 0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6 0-(m)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Total	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



表－5 孤立幅員ランクの変化と街路形成(矢三)

		1991 年																		
1980年		0	1	8	1	8	2	7	3	6	3	6	4	0	6	0	6	0	Total	
0-1.8		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○	●	○
1.8-2.7		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○	●	○
2.7-3.6		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○	●	○
3.6-4.0		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○	●	○
4.0-6.0		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○	●	○
6.0-(m)		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○	●	○
Total		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○	●	○



算出した。孤立幅員 6 m 以上という条件は、幹線街路から幅員 6 m 以上の街路だけを通して到達できる街路に限定することになる。図－13は、スプロール進行段階の矢三地区において、この到達距離をもとに消防活動困難区域を示したものである。到達不能ピクセルとは、ピクセル周辺のいかなる街路からも市街地を通らなければ到達できないピクセルである。図－14は、消防活動困難区域の土地面積の年次変化を、横軸に未利用地、縦軸に市街地のそれぞれの面積の全土地面積に対する割合をとりプロットしたものである。それぞれスプロール初期・中期・後期の名東、矢三、沖洲ともに消防活動困難区域にある市街地は増加していることがわかる。さらに、困難区域面積の年次変化の傾きが市街化の発展段階によって異なっていることがわかる。これは、市街化が進行し建て詰まって来るにつれ、困難区域内の土地が市街化されたためと考えられる。

表－6 は、スプロール初期段階の名東地区の1987年から1991年にかけての到達距離ランクの変化と市

確にし、また街路周辺の市街地や未利用地といった土地種別ごとに集計することでその面積を算定することができた。さらに、各ピクセルごとに市街化や周辺細街路形成を判断することで、市街地形成や細街路形成といった地区の動きについても捉えられることができた。

残された課題としては、システムについては面積などの計算精度とピクセルサイズの関連について分析することで、適切なサイズを検討する必要がある。また、代替案作成やその評価の各プロセスでの活用の方法を検討することも重要である。具体的には、地区内街路網の実態を把握することで得られた結果をもとに、それらを統合し市街化段階の違いや市街地形成および細街路網形成が地区防災性に及ぼす影響について分析することで、細街路網整備方針の検討を行うとともに、その整備効果について評価することが必要と考えられる。

補注

(1) 孤立幅員6 m以上の街路上のピクセル全てについて、隣接するピクセルのうち、未利用地ピクセルもしくは細街路でつながるピクセルを探索し、これを1ピクセル(10m)で到達可能な範囲とする。この操作を上記ピクセル群について繰り返せば、孤立幅員6 m以上の街路から200m(20ピクセル)で到達可能な範囲を求めることができる。

参考文献

1) 藤原・山中・三谷・永峯：「ネットワーク特性に着目した狭隘道路の実態分析」，土木学会中国四国支部第46回研究発表会講演概要集，pp. 526-527，1994。
2) 防災まちづくり研究会：「防災まちづくりハンドブッ

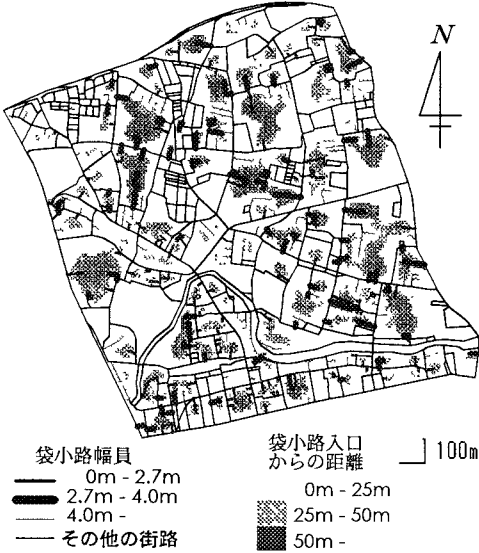


図-15 問題袋小路に面するピクセル空間分布 (矢三1991)

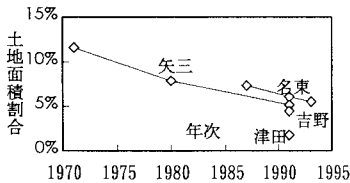


図-16 問題袋小路に面する土地面積割合の年次変化

ク」，ぎょうせい，p84，1988。
3) 三船・山田・小出：「低層高密度市街地の『計画最小単位』に関する研究－消防活動困難区域の解決に向けて－」，第26回日本都市計画学会学術研究論文集，No26-B，pp589-594，1991。

ネットワーク・ピクセルアレイ型の地理情報を用いた住区内街路網評価システム

三谷哲雄・山中英生・青山吉隆

住区内街路網評価では、街路レベルの交通安全性や道路環境評価とともに、街路沿道の宅地レベルの市街地形成への影響や住環境の評価が必要となる。交通ネットワーク分析のように交通ゾーンとネットワーク構造を用いた分析では、リンク後背市街地の地理的構造を考慮する必要がある。しかし、こうした土地形状をポリゴンデータとして扱う場合、複雑な幾何計算を要する。そこで、周辺市街地の地理的構造を細かなピクセルの集合として捉えることで、ネットワークを街路周辺市街地の視点から簡便に評価するシステムを開発した。そして、徳島市の非計画的市街地における細街路網評価をこのシステムを用いて行った場合の計算方法や結果の例を示す。

Analysis System for Residential Street Networks
Using the Geographical Database of Network and Pixel-Array Model

Tetsuo MITANI, Hideo YAMANAKA and Yoshitaka AOYAMA

This study aims to develop evaluation methods for urban street networks in spread residential areas, from the viewpoint of disaster prevention. A geographical database system is developed based on the network and pixel array model. By employing the analysis system for this database, local street networks of residential districts are evaluated through the street network indices from the viewpoint of disaster prevention. Using this model to represent streets and land use, both the locations and numbers of problematic residential lots can easily be found.