

地図中の家屋図形自動抽出における 特徴量選択と図形品位について

堀 修* 岡崎 彰夫* 大庭 常良**

* (株) 東芝 総合研究所 ** 工学院大学

従来の図形自動入力の研究では、高い認識率を得ることに重点がおかれているが、実用上は、認識後に得られる図形そのものの美しさ（ここでは、図形品位と呼ぶ）も考慮する必要がある。本報告では、(I) 地図中の家屋図形を認識するための有効な特徴量を統計的に検証し、それを利用した区分的線形判別法を用いた認識方法、及び (II) 認識後に、家屋図形のモデルを利用して、一定の位置精度を保ったまま高品位に図形を整形する方法を提案する。次に、本方法を都市計画基本図（縮尺1/2500）に適用し、少ない特徴量で効率的に家屋図形が検出できることを示す。また、図形の品位は目視により評価し本手法の有効性を示す。

EFFICIENT FEATURE EXTRACTION AND HIGH QUALITY VECTORLIZATION OF HOUSE POLYGONS ON MAPS

Osamu Hori* Akio Okazaki*

Tsuneyoshi Oba**

*R & D center, Toshiba Corporation

**Kougakuin University

1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 210, Japan

Data entry system for house polygons on maps should be developed by focusing on both high recognition accuracy and high quality vectorlization. This paper proposes (I) a statistic evaluation or parameters which are available for the house polygon recognition on maps (II) a model based reshaping method which keeps the accuracy of vectorlization. These methods are applied to urban planning maps (scale 1/2500) and an evaluation of experimental results represents an efficiency of these methods.

1. はじめに

情報化社会において、複雑に発展する上下水道や電力系統などを地図と関連づけて管理する地図情報管理システムの開発が多くなされている⁽¹⁾。しかし、地図データベースの入力には多大な時間とコストがかかり、地図情報管理システムの普及には大きな障害となっている⁽²⁾。

この問題を解決するために、ボタン認識技術を用いて地図から家屋等をベクトル図形として自動的に抽出する図形自動入力の研究が盛んである⁽³⁻⁵⁾。従来の研究では、認識率を高めることに重点が置かれていたが、実用上は、認識後に得られる図形そのものの美しさ（ここでは、図形品位と呼ぶ）も考慮する必要がある。このような観点から、対象図形の線画像の特性を考慮しない画一的な手法による地図中の図形のベクトル化方法では、十分な品位の図形を得られないと考え、最も自動入力の要求の高い家屋図形を対象に、図形の品位を考慮したベクトル図形化手法を提案する。また、従来アドホックに選ばれていた家屋図形の特徴についても統計的に調べ検討をくわえる。

まず、家屋図形を認識するための特徴量選択について述べ、次に高い品位の家屋図形を得るためのベクトル化及び整形手法について述べる。最後に縮尺1/2500の都市計画基本図に対して適用した例をもとに評価を行い、本手法の有効性を示す。

2. 自動認識のための家屋図形の特徴量選択

従来の地図より家屋図形を抽出する方法⁽³⁻⁵⁾では、地図から閉図形を抽出し、家屋らしさの特徴量を用いて認識する。これらは、ある面積よりも小さい家屋も大きい家屋もないという仮定や家屋のほとんどが単純な多角形をしているという仮定に基づいて、特徴量及びパラメータをアドホックに決定していた。そこで、効率の良い認識を行うため家屋の特徴量を統計的に調べ、少ない特徴量による簡便な識別関数を用いた認識方法を検討した。

家屋図形は、はっきりした形がなく、単純な多角形をしているという以外に、数値による確定的な定義方法がない。そのため、家屋図形と決定付けるための特徴量は限定される。図形より得られる特徴量は、面積・周囲長・ベクトル数・ベクトルがなす角度、及び、外接長方形の高さと幅があげられるが、このうち、ベクトル数とベクトルが成す角度は雑音に影響を受け易いことから特徴量として用いるのは適当でない。このことから、雑音に対して安定に得られる特徴量である家屋図形の面積・周囲長・及び外接長方形の高さ・幅に注目した。

図1は、地図から約3500個の閉図形を抽出し、上記の特徴量を2つずつ組合せ、2次元的に表示したものである。"□印"が家屋を表し、"×印"が家屋以外の閉図形を表す。

図1のグラフより、各々正の相関関係があることから、図形が大きくなるにともない増大する特徴量と言える。この中で家屋とそれ以外の閉図形を最もよく分離している特徴量の組合せは、面積と周囲長である。ディメンジョンを合わせるため、周囲長を2乗しそれで面積を割ったものを定義する。これは、文献(9)で述べられている"Shape"の"complexity"と一致する特徴量となる。

図2は、complexityをX軸にとり、その他の特徴量をY軸にとったグラフである。図2におけるどのグラフも、complexityの特徴量は、家屋図形を一つの塊にまとめている。これらのグラフのすべて似ていることから、complexityと図形の大きさ（その他の特徴量に共通するもの）の関係を示している。以上のことから、家屋を認識するためには、大きさを代表する特徴量と"complexity"でよいことがわかる。

このとき、図2のグラフから家屋図形とそれ以外の閉図形を分割する3つの区分線abcが考えられる。aはX軸に平行であることから、ある大きさより小さい家屋はないということを意味している。bは、Y軸に平行であることから、図形のcomplexityで、2つの分布を分割する直線である。すなわち、家屋は単純な形をしているということの意味する。最後に、cについて解釈する。この特徴は、家屋は図形が大きくなるとcomplexityが増すことを示唆している。つまり、小さな家屋は人の居住空間を満たすため、面積効率のよい単純な多角形になるが、大きな家屋（ビル等）はある程度の大きさがあれば、人の居住空間を満たすため、複雑な形をしたものが増えてくる

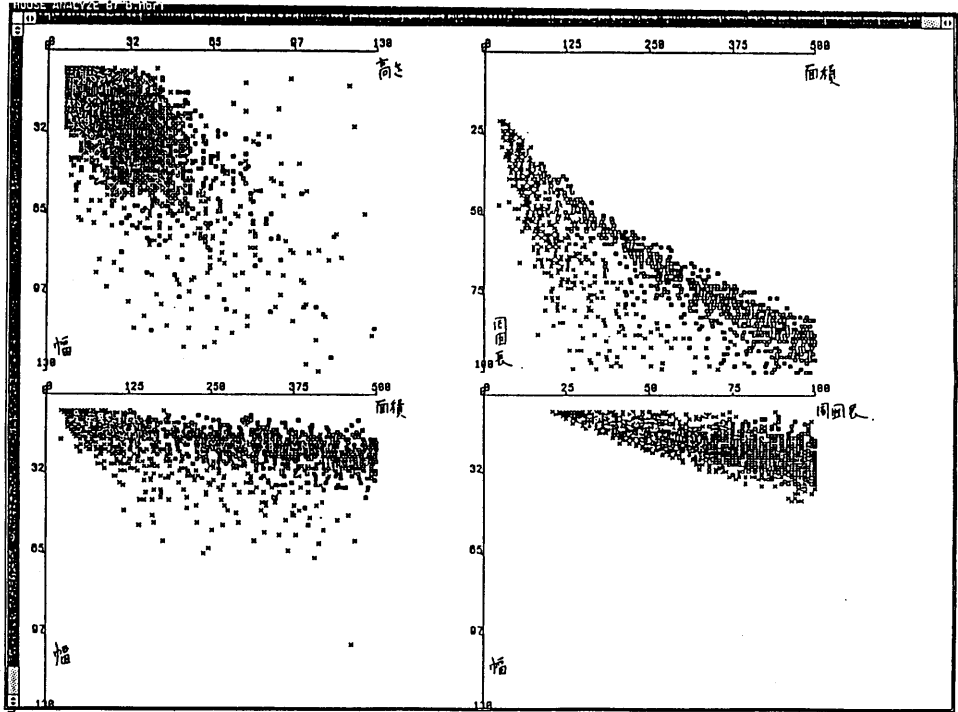


図1 家屋とそれ以外の閉図形の特徴量の分布

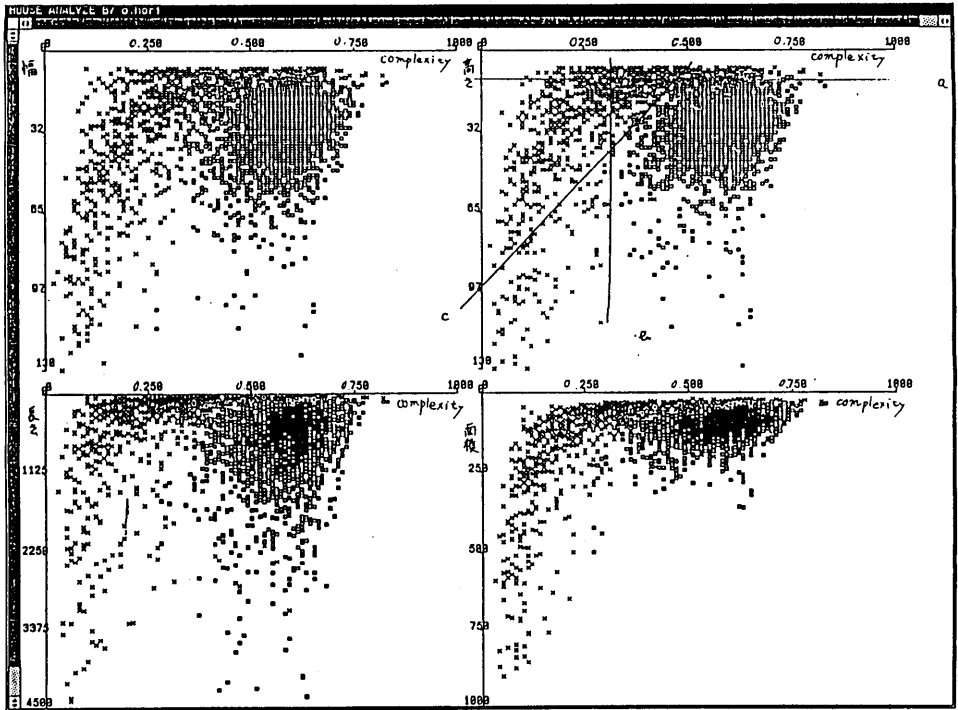


図2 complexityとその他の特徴量による分布

と考えられる。

図3は、X軸に周囲長の2乗、Y軸に面積をとったグラフである。従来は、complexityを用いて家屋を分類していたため、2つのクラスを分離する直線は、原点からある傾きをもった直線で区分していた。cの区分線をこのグラフ上に表現するならば、原点から遠ざかるほど（家屋が大きくなる）直線は、周囲長の2乗の軸の方へよるべきである。しかし、それを関数で表すと2次曲線を仮定する必要がある。また、図2においては割り算を必要とするため、識別関数としては高速性の面で好ましくない。そこで、図3において図形の大きさが小さいところでは、ほとんどがcomplexityを用いずとも、大きさだけの特徴量で判別できるところから、Y切片がY軸の正の領域になるような直線dを当てはめることで2次曲線を近似した。よって、実際の識別関数としては図2における区分線bcの効果を図3における直線dで代表したことになる。

これにより、周囲長と面積の2つの特徴量だけを用いた区分的線形判別関数によって、簡便に家屋とそれ以外に、分離できることが推察される。区分的線形判別法による認識の実験結果は、第4章において述べる。

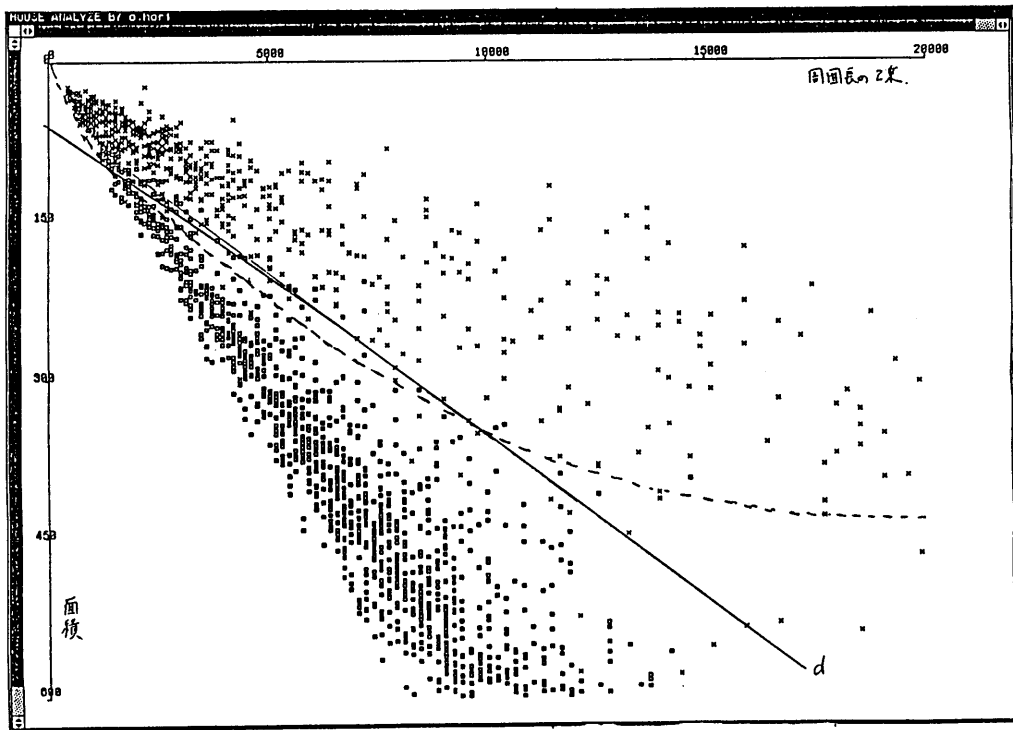


図3 周囲長の2乗と面積の分布

3. 図形の品位を重視した家屋の図形化

3-1. 家屋図形の歪を抑えたベクトル化手法

家屋図形のベクトル化とは、スキャナーから読み込んだ地図の画像データから、閉図形を抽出し家屋を認識した後に線分近似し、線分座標の点列として記述することである。家屋図形をベクトル化するには、家屋図形を描く線図形から線データ（ベクトル）を抽出する必要がある。その方法として、画像データを線幅1に細線化し、その画像をトレースしながら線分近似する方法や線図形の輪郭線ベアからその中心線を求める方法などがある。しかし、いずれの方法も都市計画基本図のように家屋図形が込み合った場所では、隣どうしの図形が接触するなどの理由で、個々の家屋図形の正確な線データの抽出が困難である。

そこで、家屋図形は閉図形であり内側の輪郭線が他の図形との接触がなく安定していることに着目し、以下の

方法で家屋図形のベクトル化を行う。

- (1) 閉図形における内側の輪郭線のみ、線幅の2分の1だけ削り、内側の輪郭線を中心線とする。
- (2) 直角の角を歪ませにくい細線化を用いる。
- (3) 削られた内側の輪郭線から、

まず(i)特徴点となる角点を抽出し、(ii)その角点の間を2分割法で線分近似する。

(1)により、家屋図形と接している家屋図形でも歪むことなく中心線を得ることができる。(2)においては、家屋の角を保存することにより家屋図形の角の位置ずれを防いでいる。(3)では、家屋図形の特徴である角を正確に押さえると共に円弧を図形の一部に持つ家屋についても許容誤差範囲の中で線分近似する効果がある。

3-2. 家屋図形の整形化手法

次に、得られた家屋図形を整形する手法について述べる。

家屋図形は、回路図のシンボルのように一意に形が決まるものではなく、認識した結果をシンボルのように決まった形に置き換えて整形するわけにはいかない。また、雑音の影響により、原画を忠実にベクトル化しても品質のよいデータが得られるとは限らない。しかしながら、人は、雑音のある図形でも、本来あるべき図形の形を想像することができる。人は、それが家屋図形を構成している線であると認知した時、自ずとから線図形を頭の中で整形している。つまり、人は自分の中に家屋図形のモデルを持ち、ある制約条件の中で整形を行い、図形を解釈していると思われる。(図4参照)

ここで、上記の考えに基づいたモデルベースの整形手法を提案する。

(a: 概略)

まず、対象となる図形をモデル化する。そのモデルから得られるある評価関数を定める。評価関数は、計算機が扱えるように、モデルを定量化することである。その評価関数を最小にするように図形のある制約条件の中で変形を繰り返し整形を行う。この手法において、家屋図形を以下のようにモデル化した。

- (1) 単純な多角形をしている。(不要なノード点がない)
- (2) 制約条件の中で各辺は平行または垂直の関係にある。

(b: 処理手順)

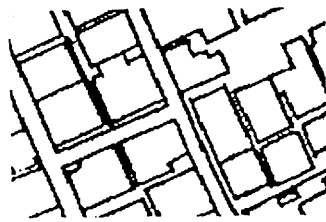
以下に、図5のフローチャートに従って、その手順を述べる。

認識処理によって得られた家屋のベクトル図形から大局的なベクトルの向きを決定する。それぞれのベクトルの向きを $0^\circ - 90^\circ$ に正規化する。 $90^\circ - 180^\circ$ のベクトルはその向きから 90° を引く。これは、直交したベクトルも同じ向きを持つベクトルとするためである。ベクトルとその長さを重みとして向きの分布をとった時、大局的な向きにピークをもつ。ここで、得られた大局的な向きが整形後の理想図形の大局的向きであると仮定する。

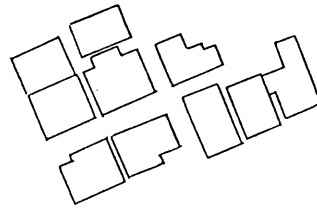
次に、ベクトルのノード点の位置が xy 方向に $\pm n$ 画素の移動しうると仮定する。この時、とりうるベクトルが太さをもった線画像上を大きく外れないという制約条件で n を選ぶ。そして、すべてのノード点を様々な組合せで移動させた時、先に決定した大局的向きにベクトルの分布が最もよく集まるときを家屋図形のモデルにしているとするとする。

しかし、全ての場合の数は、 $(2n+1)^2$ の m 乗(m は家屋図形のノード点数)で処理量が多くなるため、実際の処理は、逐次的にノード点を動かしながら、一つ一つのノード点について最適な位置を決定していく。それを逐次的に繰り返し、安定したところで終了する。一般に、この弛緩法によって、最適解が求められる保証はないが、今回は数回の繰り返しで安定状態になった。

図6は、整形前と整形後の家屋図形とそのベクトルの向きの分布を示した図である。図6に示すように、整形後のベクトルの分布が一箇所に集まっているのがわかる。整形前の家屋のように角の不明瞭な部分も、家屋らしく角付けされている。図8は、図7に対して、整形を施した結果である。



既存地図



理想図形

図4 既存地図と人が理想とする家屋図形

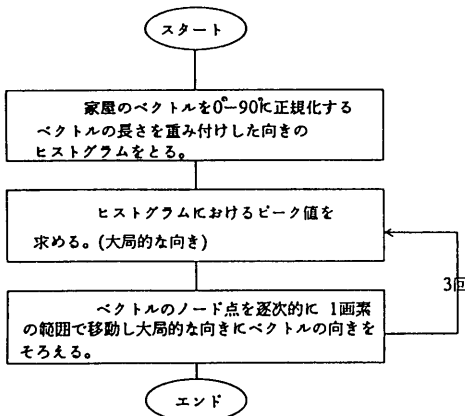


図5 整形処理を示すフローチャート

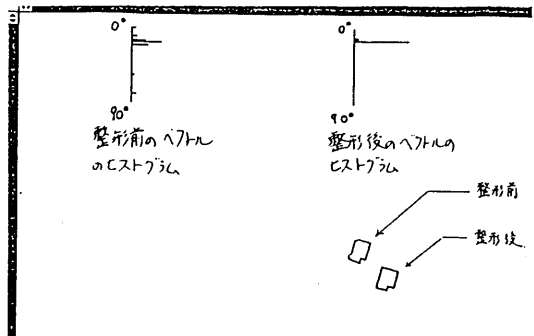


図6 整形の処理結果

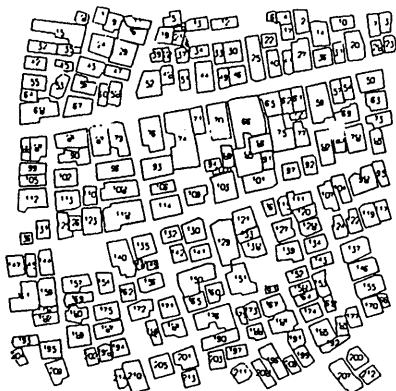


図7 整形前の家屋図形

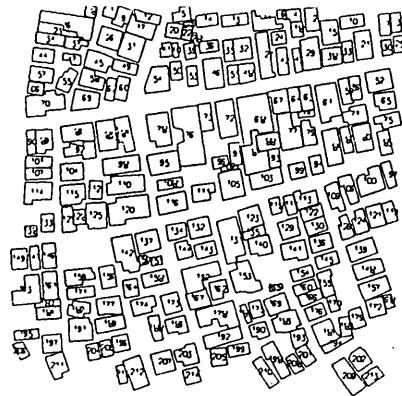


図8 整形後の家屋図形

4. 実験と評価

(a: 家屋の抽出率)

縮尺1/2500の新宿副都心の都市計画基本図から任意に25ヶ所の領域(8dot/mmで512*512dotの大きさ)を選び、区分的線形判別法を用いて家屋の認識を行った。

家屋の抽出手順は、まず、地図画像から閉図形を抽出し、それについて、家屋かどうかの判定を下す。閉図形として抽出された図形は、総数3448個であり、そのうち、家屋の総数は2597件である。最初に、家屋でありながら、閉図形として抽出できなかった図形の内訳を表1に示す。また、認識結果を表2に示す。

表1 閉図形として抽出できなかった図形の内訳

図形のかすれの切れによるもの	29件	1.1%
文字の表記のための図形の切断によるもの	53件	2.0%
未抽出の合計	84件	3.2%

(注) 上記の数値は、家屋の総数(2597件)を100%として、計算した。

表2 認識結果

M\C	家屋	非家屋	合計		
家屋	2469	46	2515	家屋の正答率	98.2%
非家屋	58	875	933	非家屋の正答率	93.9%
合計	2527	921	3448	全体の正答率	97.0%

M = 人の判定 C = 計算機の判定
別のデータを用いて約2000件を処理したところ同様の結果を得た。

(b: 図形品位の評価)

図形の美しさは、官能的であり明確な評価基準がない。そこで、整形前と整形後の任意に抽出した約900個の家屋図形について目視によって定性的に4段階で評価した(表3参照)。

表3 家屋図形に美しさの評価基準

レベル\項目	特徴	形の美しさ	精度(原面とのずれ)
悪	1	角点があはつきりしない	× 許容できない 線領域からはみでるものもある
	2	角点は取られている	△ 許容できる 線領域の内部
	3	角点があはつきりしている	○ 美しい "
	4	余分な点があまらない	◎ とても美しい "
良			

表4 家屋図形の評価 「整形前」

評価基準	1	2	3	4
家屋数	178	184	196	327
百分率	20.1%	20.8%	22.1%	36.9%

表5 家屋図形の評価 「整形後」

評価基準	1	2	3	4
家屋数	14	51	175	642
百分率	1.6%	5.8%	19.8%	72.5%

表6 家屋図形の評価 「マトリクス」

評価基準	1	2	3	4
1	8	0	3	3
2	17	16	10	8
3	30	43	38	62
4	123	125	145	254

(整形後)

表6において、横方向の評価基準が整形前、縦方向の評価基準が整形後である。よって、左下半分の三角地帯が改善された家屋図形である。逆に右上半分の三角地帯が悪化した家屋図形である。評価2以上が使用に十分な図形の品位である。整形前の図形は評価2以上が全体の79.9%であるのに対し、整形後の図形は評価2以上は98.4%であった。また、全体的にも図形の品位はあがっている。

(c: 図形のベクトル数)

次に、図形を表すベクトルの数について、評価を行った。自動入力欠点として必要以上のベクトルのノード点ととられるということがある。地図のような大容量のデータの場合、ベクトル数は大きな問題となる。しかし、

今回の角点抽出法と2分割法を併用したベクトル化及び整形の効果で、少ないベクトル数で家屋図形を表すことができた。

以下の表7は、整形後のベクトル数について評価したものである。評価は基準別に行った。また、マニュアルと書かれた行は、人が家屋図形の角点をポインティングデバイスで拾った時のベクトル数である。

表7 家屋のベクトル数の評価 (整形後)

評価基準	1	2	3	4	合計
家屋数 (a)	13	49	170	644	876
マニュアル(b)	98	297	908	3327	4630
自動 (c)	96	417	1109	4020	5642
(b)/(a)	7.6	6.1	5.4	5.2	5.3
(c)/(a)	7.7	8.2	6.9	6.2	6.5
(c)/(b)	1.0	1.5	1.3	1.2	1.2

表7から分かるように、家屋図形のベクトル化は、マニュアルに比べて約20%データ量が多い。しかし、従来手法の自動ベクトル化に比べて改善されている。従来手法では約80%マニュアルよりデータ量が多かった。

5. おわりに

本論文では、地図より家屋図形抽出する手法として、図形品位に重点をおいたベクトル図形化手法を提案した。

図形の認識部においては、従来よりアドホックに決定されてきた家屋図形の特徴とパラメータを統計的な手法によって決定することによって、少ない特徴量により簡便な識別関数を用いて、効率よく認識できることを示した。用いた特徴量において従来と異なる点は

- (1) 大きさを代表する特徴量を1つのみ用いたこと
- (2) 形の複雑さを表す"complexity"に人の居住空間の大きさの適正を考慮にいられたこと

また、図形の整形部においては、家屋図形のモデルを利用してベクトルの位置精度を保ったまま図形を弛緩法で徐々に変形し、図形の品位を上げる手法を提案した。また、その手法を家屋図形に適用しその有効性を示した。

今後は、対象とする図面及び対象とする図形に応じて、処理できる種類を増やしていく必要がある。また、家屋図形を表すベクトル数においてもマニュアルによる入力に近づくよう改善していく必要がある。

[参考文献]

- (1)坂内: "地図データベース"、情報処理学会誌、Vol.127.No.10.1986
- (2)山田: "地図データベース"、電気・情報関連学会連合大会、18-6,1987
- (3)嶋田他: "実時間色コード化技術を用いた多色図面の自動認識"、信学論、Vol.68D,No4,pp.829-836(1985)
- (4)大沢他: "会話的な認識による信頼性の向上を計った地図自動入力システム"、電子通信学会第2種研究会機能図形情報処理、FIGS88-7,pp.29-35,(1988)
- (5)堀他: "統合化地理情報システム(3)" 図形認識機能をもった図形入力エディタ"、第34回情報処全大、IE-3,(1987)
- (6)鈴木他: "国土基本図の自動入力の一検討"、昭和60年信学情報・システム部門全大、s6-6(1985)
- (7)久我他: "オートディザイザを利用した地図情報の入力-家屋の自動認識-"、第2回AUTOCARTO JAPAN論文集、A-3,(1986)
- (8)安居院他: "ピラミッド階層構造データの位相変化情報を利用した市街地地図の処理"、信学論、Vol.63-D, No.12,pp.1419-1426(1984)
- (9)A.Rosenfeld and A.C.Kak:"Digital Picture Processing. Second ed."pp.265-266,Academic Press, New York(1982)