

氏名	グ 具 源 龍
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第2791号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科建築学専攻
学位論文題目	建築画像からの建築構成要素の認識に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 加藤直樹 教授 門内輝行 助教授 大崎 純

論文内容の要旨

本論文は、デジタル写真や航空写真などのラスターデータから建物の外観を構成している屋根、壁面、窓などの建築構成要素を自動的かつ高精度に認識し、建築・都市計画に利用可能なベクトルデータあるいはレコードデータとして抽出する方法についてまとめたものであり、全7章から構成されている。

第1章は、序論であり、都市空間における建築物に関する画像データから建築・都市計画に使用可能な建物の物理的な情報を認識し、ベクトルデータとして建築物の情報を認識する必要性を論じるとともに、本論文の目的と方法を説明している。さらに、建築構成要素の自動認識に関する既往の研究を検討することにより、本論文の位置付けをおこなっている。

第2章では、一般的な画像認識の手法や建築画像の特徴について概説した上で、画像認識分野において広く用いられている認識手法を建物画像に適用した結果の検討を行っている。建物画像は他の一定の条件で取られた画像とは異なり、画像認識を行うにあたり多様な要素の影響を考える必要がある。また建物の汚れや劣化も画像認識の精度に影響を与えるため、既存の画像認識技術を建物画像に適用しても、そのままでは都市空間データとして利用可能なデータは得られにくいことを実験から確認している。

第3章では「ガラス開口部」を対象とした画像認識手法を提案している。ガラスは透明性や反射性などの素材の特徴から、色分布が安定しておらず、他の建築部材と比較して判別が難しい。しかしガラス開口部の情報は、大規模延焼シミュレーションなどにおいて重要である。本論文では、ガラス領域の色情報の特徴量を2次的に組み合わせ、新たな変数を作成し、これを Navie Bayes に適用する拡張 Naive Bayes 法を開発し、ガラス開口部の画素を認識する手法を開発している。この手法により得られた画素単位の判別結果をもとに、最小全域木(MST)を応用した画像分割手法に適用し、画像におけるガラス開口部の領域を特定する認識手法を提案している。また、提案手法の有効性を検証するために、京都市内の3階建の戸建て住宅のファサード画像を対象として計算機実験をおこない、既存の他の手法と比較して優れていることを確認している。

第4章では、航空写真とGISの屋根輪郭データから建物の屋根タイプと屋根の稜線を自動的認識する手法について検討している。屋根の傾きによって、明るさが異なることに着目し、まず画像の明度分布を滑らかな曲線で近似し、次にその曲線からいくつかの特徴量を抽出することにより、陸屋根か傾斜屋根かの判別モデルを開発している。次に画素の明度と位置情報からなる3次元データに対して平面回帰を施すことによって得られる新たな特徴量を追加し、傾斜屋根を切妻屋根か寄棟屋根かに判別するモデルを作成している。開発した手法を京都市の住宅地の航空写真データに適用し、提案手法の有効性を検証している。

第5章では建物のファサードのデジタル画像から、屋根、壁、窓、ドア、軒などの建築構成要素の全体的な構造と階層的な関係を把握する認識手法の提案をおこなっている。その手法は、まず各画素をRGBの3次元情報として表現し、RGB色空間における画素集合を適当な数のクラスターに分割する。一つの建築構成要素が複数の異なる色を持つ場合があるため、

ピクセルの色情報の類似性に基づく画像の領域分割手法では対応できない場合がある。そこで、最初に得られたクラスターを逐次併合するという手法を組み合わせることにより建築構成要素ごとに適切な分割を行なう画像分割手法を提案した。ここでは、有効と考えられるクラスター併合基準をいくつか提案している。さらに提案手法をいくつかのファサード画像に適用し、提案手法が有効であることを確認している。また、第6章で提案しているデータの外れ値処理を前処理として施すことにより、電線などのオブジェクトが自然と除去でき、全体として認識精度の向上が見られることを確認している。

第6章では、推定・判別モデルにおいて精度の向上を図るための外れ値処理がモデルに与える影響を考察する。Winsorization という統計学の手法を外れ値処理に応用したデータ加工法を提案し、また建築データを用いた実験において既往研究で用いられたデータ選別法との比較検討を通じて提案手法の有効性を検証している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、建物の外観を構成している屋根、壁面、窓などの建築構成要素をデジタル写真や航空写真などのラスターデータから自動的かつ高精度に認識し、建築・都市計画に利用可能なベクトルデータあるいはレコードデータとして抽出する方法を提案している。得られた成果は以下のように要約できる。

1. 建物ファサードのデジタル画像からガラス開口部を認識する手法の提案を行った。ガラスは透明性及び反射性などの素材の持つ特徴から、他の建築部位と比較して色分布が安定しておらず判別が難しい。そこで、確率的な判別手法である Naive Bayes を拡張した判別モデルを開発し、領域分割のための最小全域木法と組み合わせることにより、与えられた建築画像上のガラス開口部の位置と領域を自動的に特定する実用性の高い判別手法を提案した。

2. 航空写真と GIS の屋根輪郭データを用い、屋根種類と形状を自動的に判別する手法の提案を行った。屋根の明度分布と屋根種類間の関連性に基づき、カーネル密度推定による明度データの頻度分布の曲線近似から得られた特徴量を用いた傾斜有無の判別手法を開発するとともに、画素の明度および位置の3次元データを回帰平面に近似する際に得られる誤差から抽出した特徴量を用いた屋根形状種別の判別モデルを提案した。

3. 建物のファサード写真に対し、建築構成要素ごとに画像分割を行うための手法を提案している。一つの建築構成要素が複数の異なる色を持つ場合があるため、ピクセルの色情報の類似性に基づく画像の領域分割手法では対応できない場合がある。そこで、画像の小領域分割と逐次併合を組み合わせることにより建築構成要素ごとに適切な分割を行なう画像分割手法を提案した。

4. 建築画像においては、撮影条件、建物の形状の多様性等によるデータのバラツキが高いため、一定の条件の下で得られた画像を認識する場合とは異なる画像認識の仕組みが必要である。そのため、データ補正など前処理によるデータ加工により、元データのバラツキの影響を受けにくい手法の提案をおこなった。

以上、本論文は、建物のデジタル画像から、ガラス開口部、屋根などの建築構成要素を自動認識する手法を開発したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。