

航空写真からの建物屋根形状の判別手法の開発

A Method for Discriminating Roof Types from Aerial Photo

具 源龍†, 瀧澤 重志†, 加藤 直樹†

Wonyong Koo, Atsushi Takizawa and Naoki Katoh

1. 序

近年、建築設計や都市計画・サービス関連の話題として、デジタル国土の構築、GIS、地図検索サービス、都市景観シミュレーション、防犯・防災など分野で、建物の3次元データの効率的な取得と視覚化に関する要求が高まっている。現状においては道路などの社会基盤施設に関するデジタル情報の構築は進んでいるが、建物に関してはまだ簡単な形状データと高さデータが収集されている段階に留まっており、建物に関するより多様な情報の収集とそのデジタル化が望まれている。しかし、都市内における建物の数は膨大であるため、建物の情報を収集するのは手間がかかる。

以上を背景に本研究では、画像処理技術を用いて航空写真から建物の屋根種類(形状)を判別する手法を提案する。屋根形状は景観分析や防災計画において、より現実に近い分析やシミュレーションのために必要な情報であるが、それを自動的に取得する方法はこれまで存在しなかった。

本研究の概要を説明する。判別する屋根種類を{陸屋根、切妻屋根、寄棟屋根}の3種類とする。航空写真から屋根種類を判別するには、画像中の屋根の領域を抽出する必要がある。ここでは既にGIS上で整備されている建物の2次元ポリゴンデータを用いる。次にこのポリゴンデータ内のピクセルを抽出し、ピクセル集合の色の統計情報を判別の特徴パラメータとする。具体的には屋根の形状と明度分布との関係に着目し、明度分布からカーネル密度推定による近似曲線を求めた後、この曲線の特徴パラメータを用いて、決定木手法で判別実験を行う。実験には京都市西京区を中心とした航空写真を用いる。

2. 使用データ

使用データは京都市地域を対象とした建物ポリゴンデータと、航空写真に幾何学的な補正を行った画像データである。建物ポリゴンデータはGIS(GeoMedia, ㈱アジア航測)のものであり、画像データの解像度は約20cm/pixelで、標高データに基づいたオルソ補正を行ったものである。実験は上記のデータから住宅が密集している地域を対象とした。

3. 提案手法

3.1 屋根種類の判別

屋根はその形状によって光の当たり具合が異なるため、航空写真などで屋根の明度の分布を調べることにより、屋根種類の判別が可能になると考えられる。例えば、陸屋根は全体的に一定の明度の分布が、傾斜屋根は形状により明度が一定ではない分布が表れる。本研究ではこのような形状と明度の分布の関係に着目し、屋根の明度分布を用いて屋根種類の判別を行う。

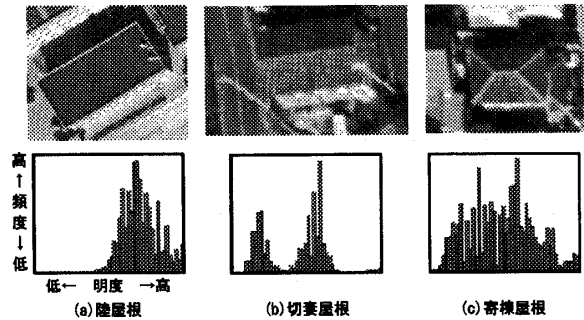


図1 屋根の形状と明度ヒストグラム

3.2 カーネル密度推定と分布の特徴量の抽出

明度分布は図1から分かるように局所的な増減が多く表れ、極大点と極小点を求めるのは難しい。そこで本研究ではカーネル密度推定を通じて、滑らかな近似曲線を求め、分布全体における極大点と極小点を簡単に求める方法を提案する。

カーネル密度推定の目標は、確率変数 X の確率密度関数 $f(\cdot)$ を推定することである。 X_1, \dots, X_n を確率変数 X の n 個の独立な観測値とすると、 x における密度 $f(x)$ の推定のためのカーネル密度推定量 $f_{Ker}(x)$ は、式(1)で定義される。ここで $K(\cdot)$ はカーネル関数を、 h はバンド幅(window width)を表す。

$$f_{Ker}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (1)$$

本研究ではカーネル関数として式(2)ガウス関数(式(2))を用いて式(1)の分布を離散的に求める。

$$K(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \quad (-\infty < t < \infty) \quad (2)$$

図2に、明度の頻度分布からカーネル密度推定を用いて近似曲線を求める過程を示す。カーネル密度推定により得られた近似曲線の形は、式(1)の h により変わる。また頻度数の少ない区間をノイズとして処理するためにノイズ除去パラメータ t も用意する。 h と t を変えながら判別実験を行い、精度から最適な h と t を求める。

図3に近似曲線の特徴パラメータを示す。特徴パラメータは近似曲線の全体における平均、標準偏差と各領域ごとの極大点の位置($P[Num]H$)ピークの高さ($P[Num]H$)、領域の始点($P[Num]S$)、終点($P[Num]E$)、幅($P[Num]W$)、面積($P[Num]A$)とピーク間の距離($D[Num][Num]$)の37個である。領域はその面積が大きいものから順序つけられ、上位5個を用いる。なおNumは領域番号を示す。

† 京都大学大学院工学研究科建築学専攻

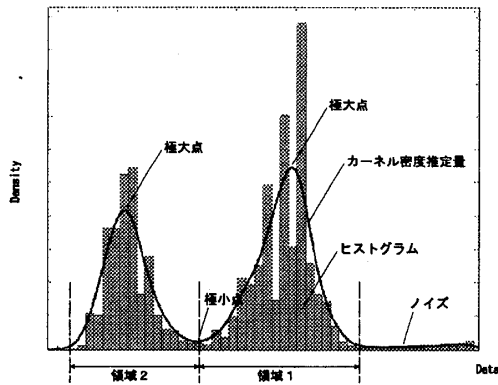


図2 明度の頻度分布とカーネル密度推定

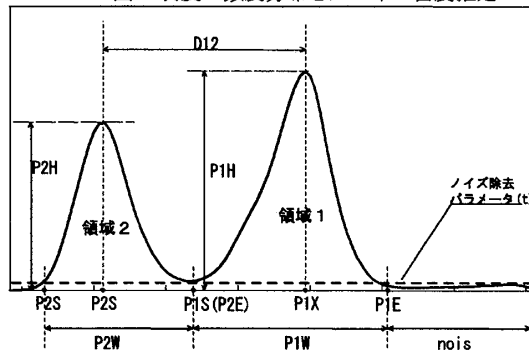


図3 近似曲線の特徴パラメータ

$$K(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \quad (-\infty < t < \infty) \quad (2)$$

3.3 判別モデル

3.2節で求めた37個の特徴パラメータを説明変数として用い、屋根の種類を判別する決定木モデルを生成する。目的変数は陸屋根、傾斜屋根と寄棟屋根である。10回の交差検証を通じてモデルの精度を検証する。

3.4 屋根形状の抽出

上記の判別モデルから得られた判別結果により、傾斜屋根と判定されたものに対し、屋根の稜線を作成する。傾斜屋根の形状を抽出するのは図4で示すように切妻屋根、寄棟屋根ともに稜線の位置を定める基準点を決めることである。紙面の都合上、切妻屋根だけについて説明する。傾斜屋根の場合、一般的には同一の傾斜面内の明度は同一とは限らない。ここではその明度がピクセル座標(x,y)の線形関数(式(3))で表現できると仮定し、明度を表す最適な線形モデルを求める。

$$I(x, y) = ax + by + c \quad (3)$$

稜線の位置を決めると上記の方法により、各傾斜面ごとに明度を表す最適モデル $F(x, y)$ を求め、モデルと明度の二乗誤差を求める。切妻屋根の場合は式(4)により、各傾斜面(2種類)ごとの二乗誤差の和である Q が求められ、最適な稜線は式(4)を最小化するものである。

$$Q = \sum_{x,y \in F_i} (F_i(x, y) - c_i)^2, i=1,2 \quad (4)$$

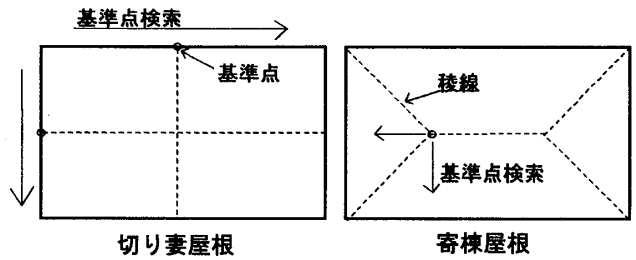


図4 屋根から稜線の抽出

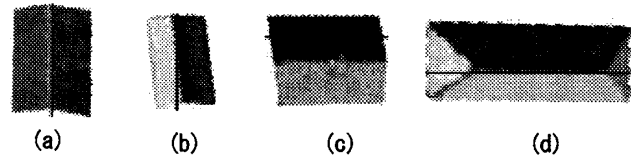


図5 切り妻屋根の稜線抽出の実験結果例

4 実験

3種類の屋根画像(陸屋根、切妻屋根、寄棟屋根)をそれぞれ100個を用いて実験を行った。明度特徴量には $La*b^*$ の L の値を用い、すべての実験は Matlab 上で行われた。

判別実験においてはノイズ除去パラメータ t が 0.1、バンド幅パラメータ h が 0.011 の時に約 86.3% の高い精度が得られた。その時の決定木モデルの分岐ルールでは、上位に各領域の幅が表れており、近似曲線における山と谷の数が屋根種類の判別に重要な役割を行っていることが分かった。稜線の抽出に関しては図5から分かるように画像と類似の結果を得たもの(a,b)と画像とは異なるもの(c)が表れた。差が生じる原因の一つとして前処理の段階で屋根の周辺部分のノイズによる明度の値のバラツキが挙げられる。

また、寄棟屋根が切り妻屋根と誤って判別されている場合でも二つの傾斜面を分ける稜線は正しく求められている。

5 結論

本研究では航空写真から屋根の種類を高い精度で判別する手法を提案した。また、その判別に基づいて屋根の形状を作成することもできた。ところが、精度の改良とより多様な屋根の種類に対応するなどが今後の課題となる。

謝辞

本研究は、鹿島学術振興財団 2004 年度研究助成と、科学研究費補助金基盤研究 C(17500007)の援助の下に行われました。

【参考文献】

- [1] Computational Statistics Handbook With Matlab. Chapman & Hall, 2001.
- [2] 國井洋一、ハイビジョン画像を用いた都市空間モデルの効率化について、全国測量技術大会 2003 学生フォーラム, 2003