

辺と隅の幾何学的特徴を用いた高速矩形領域抽出手法

Fast rectangular region extraction method
using geometric properties of sides and corners

北原 亮†

片山 淳†

中村 高雄†

Ryo Kitahara

Atsushi Katayama

Takao Nakamura

1. はじめに

カメラ付き携帯電話機の普及により、携帯電話機上で動作するカメラを用いたアプリケーションが広がっている。中でも透かし読み取りや2次元バーコード読み取りなどが実用化され、注目を浴びている。特に電子透かし読み取りでは、電子透かしの埋め込み領域の特定が重要である。カメラ撮影画像は、オリジナル画像が平面射影変換を受けて歪んだものであるため、この領域を特定し、逆射影変換を施す必要がある。そのため、携帯電話機上で高速に処理可能で、矩形領域を正確に読み取れる技術が望まれている。

本稿では、既存技術を応用し、携帯電話機上で高速に動作する矩形領域抽出手法の性能向上を検討する。

2. 関連研究

矩形領域抽出には、矩形を構成する辺や隅を検出する必要がある。画像からの辺(直線)検出手法としてHough変換が有名である。Hough変換は直線検出手法として強力であり、途中の欠けた直線の検出なども可能である。しかしその実行においては、画像の全ての画素にアクセスするため、リソースを大きく消費し、携帯電話機上では処理時間が問題である[1]。

一方片山らは、携帯電話機上において高速に処理可能な画像コーナー検出手法(Side Trace Algorithm: STA)を提案している[2]。STAはヒューリスティックな手法により、求める矩形領域の辺を検出する手法であり、アクセスする画素数の少なから携帯電話機上で実行可能である。この手法は検出成功時の誤差は少ないが、検出の成功率が低いという問題があった。

3. 提案する矩形領域抽出アルゴリズム

STAは携帯電話機上で動作させるという制約から、処理速度を最重要視している。そのため、辺検出では正解の辺のみを検出するようにフィルタの閾値を動的閾値推定により厳しい値に設定している。また、検出した辺は、隅形状のテンプレートとのマッチングのみから正解判定をおこなっている。

動的閾値推定は過去の画素の輝度値に従い閾値を設定するため、辺のコントラストが強い部分を検出すると、閾値が高く設定されてしまう。そのため、弱いコントラストの辺を検出し

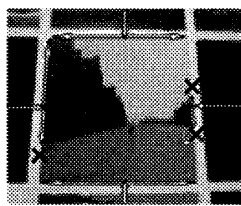


図1: 辺検出失敗例

たい場合には、閾値を超えられず検出漏れとなってしまう(図1)。さらにテンプレートマッチングだけの正解判定では、判定精度が悪いという問題もあった。

そこで、辺検出の閾値を低い固定値に設定し、辺の検出漏れを防ぐ。しかし閾値が低いと、不正解の辺を数多く含んだ辺候補を検出する。そこで、辺候補の組み合わせから構成可能な全ての隅候補について、辺と隅の幾何学的特徴から評価をし、評価値最大の組み合わせを正解と判定することとした。

3.1 辺候補検出

STAでは一回で正確な辺を検出するために、辺延長方向へのコントラストの連続性も考慮し、3x3の微分フィルタを用いていた。しかし本手法では、なるべく多くの辺候補を検出すること

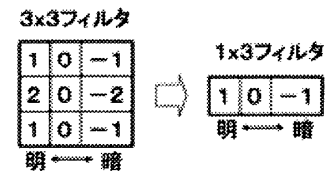


図2: 辺検出フィルタ

ことに重点を置いているため、辺延長方向への連続性判定を緩めて、1x3の微分フィルタを用いることとした(図2)。これによりフィルタ処理時間は1/3に減少した。また同時に、フィルタの判定閾値を、低い固定値に設定することで、辺の検出漏れを防ぐこととした。

3.2 隅評価

検出した辺候補の組み合わせから、2辺で構成される交点(隅候補)と4辺で構成される四辺形について評価する。以下に示す4つの評価値 connect, middle, shape, α を用いた総合評価関数

$$f(\text{connect}, \text{middle}, \text{shape}, \alpha)$$

で求まる評価値が最も高くなる辺候補の組み合わせを、求める矩形領域を成す辺の組合せとする。

3.2.1 辺候補端点・交点位置評価

3.1の辺候補検出では、各辺候補が端点を持つ線分として得られる。これを利用し、組み合わせる2辺の端点座標と2辺から求まる交点座標の位置関係について評価する。求める矩形領域を成す2辺の組であれば、端点の座標と交点の座標は一致もしくは非常に近くなるはずなので、端点座標と隅座標の距離が近ければ評価値を高く、遠ければ評価値を低く設定する。この評価値を connect とする。

3.2.2 辺接続関係評価

3.2.1と同じく辺候補が線分であることを利用し、組み合わせる2辺の交差形状について評価する。求める矩形領域を成す2辺であれば、2辺の交差形状はL字型になるはずであり、T字や十字で交差していれば、他に最適な辺があることが考えられる。2辺がL字で交われば評価値を高く、T字や十字であれば評価値を低く設定する。この評価値を middle とする。

†日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所,
NTT Cyber Space Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation

3.2.3 隅形状評価

隅形状評価では、組み合わせる2辺の交点を、求める矩形領域の隅位置と考え、交点周辺の画像が隅形状をしているかを評価する。具体的には、交点座標を始点とし、その近傍で辺検出をした場合に、矩形の隅位置に応じた方向へのみ辺検出が可能であれば(左上隅なら右方向と下方向へ辺検出可能)、高い評価値を与えることとする。この評価値を shape とする。

3.2.4 四辺形面積評価

四辺形面積評価では、四辺形を構成する4辺の組み合わせについて、それらの成す面積を求め、撮影画像に対する四辺形の面積の割合が大きいかほど高い評価値 α を与える。また電子透かし検出のためには最低限必要な画素数があるため、その大きさを下回る面積であれば、評価値を与えないことも考えられる。

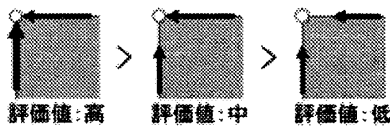


図3: 辺候補端点・交点位置評価 (connect)

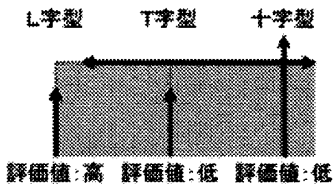


図4: 辺接続関係評価 (middle)

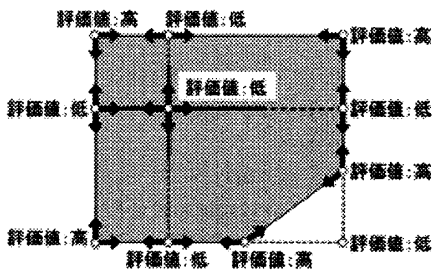


図5: 隅形状評価 (shape)

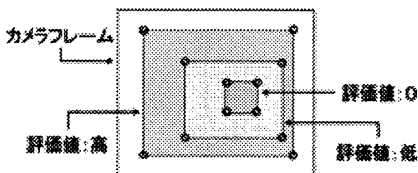


図6: 四辺形面積評価 (α)

4. 実験と結果

本手法と STA によって画像中から矩形領域を検出する実験をおこなった。実験に用いた画像は、288x352 の大きさで、8種類の絵柄を、撮影条件として背景3種類(無地、文字、他画像)、撮影角度3種類(0/15/30度)を変化させた合計72枚を、明るい室内で撮影したものである。撮影携帯電話として、NTTドコモのF505iを使用した。プログラムはi-Appli用のJAVA言語で記述した。

まず、携帯電話機上での処理時間の平均値は75.6msecであった。参考文献[2]でのSTAの処理時間は約70msecであり、約10%処理時間が増加しているが、実際に体感できるほどの差はなく、処理時間はほぼ変化なしと言える。本手法は多くの辺候補を探索し、より複雑な評価をおこなっているが、フィルタを小さくしたことなどにより処理時間が相殺されたためと考えられる。

文献[2]に従い、隅座標の検出位置誤差が画像サイズの2.3%(横6, 縦8ピクセル)以下の場合を検出成功とし、成功率を求めた。表1より、本手法はSTAよりも極めて検出成功率が高いことが分かる。さらに、四隅全ての検出位置誤差が1ピクセル以下のみを検出成功とした場合に、検出成功率は56.9%であり、検出位置誤差2.3%のSTAと同程度の検出成功率であった。

	サンプル数	成功枚数	成功率
本手法	72	67	93.1%
STA	216	132	61.1%

表1: 検出成功率の比較

辺検出部分での見逃しを減らし、辺候補の取捨選別を正確におこなったことが、検出成功率の向上につながったと言える。そのため、STAでは難しかった図7のような、辺のコントラストが途中で小さくなる画像、多くの辺候補のある画像でも求める矩形領域の検出が可能となった。

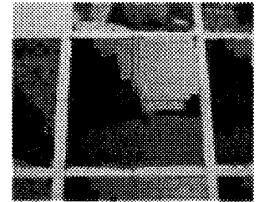


図7: 成功例

5. まとめ

携帯電話機上において撮影画像からの矩形領域の抽出において、辺と隅の幾何学的特長を用いることで、処理時間を維持したまま、検出成功率の向上と検出位置誤差の減少を実現した。特にSTAで問題であった正解の辺の見逃しを減らし、多くの辺候補の中から正解の辺を選ぶことが可能となった。

【参考文献】

- [1] P.V.C. Hough: "Method and means for recognizing complex patterns," U.S.Patent, 3069654, 1962
- [2] 片山, 中村, 山室, 曾根原: "電子透かし読み取りのためのiアプリ高速コーナー検出アルゴリズム," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J88-D-II, No.6, 2005.