

## エッジ方向を利用したハフ変換による直線抽出法の検討

Investigation of Line Extraction Method based on Hough Transform using Edge Orientation

関 靖夫† 山内俊明† 小山祐紀‡  
Yasuo Seki Toshiaki Yamanouchi Yuuki Yokoyama

## 1. まえがき

ハフ変換は、画像の中から想定した解析曲線を抽出するのに有効な画像処理の手法であり長い歴史がある[1]。このうちで直線を検出するハフ変換において、エッジ方向を利用すると処理時間が大きく削減されるが、それを有効化するには、エッジ方向の誤差を考慮する必要がある場合があり、エッジ方向の精度としては、 $\pm 20^\circ$ 程度を考慮しなければならないとされている[2]。本研究では、人工物の直線部分を検出することを対象とし、エッジ検出法にガウシアン平滑化を用いるカラーエッジ検出法[3]と尾根点検出法を組み合わせ、エッジ方向の誤差として $\pm 3^\circ$ 程度を考慮する等により、あまり処理時間の負担なく比較的高精度で、必要な直線をほぼ検出し、雑音的なエッジは殆ど含まない直線検出結果が得られたのでご報告する。

## 2. 直線ハフ変換の処理の流れ

本研究でのエッジ方向を利用したハフ変換に基づく直線検出法の流れを図1に示す。

図中、画像の入力(処理(a))では、人工物等の直線成分を含むカラー画像を入力する。

エッジ検出(処理(b))は、RGB空間でのユークリッド距離変化が最大の方向をエッジ方向とし、その変化の大きさをエッジ強度とし、ガウス関数で平滑化したエッジ検出法を使用する[3]。エッジの方向はラジアン(実数)として抽出する。

エッジ画像の尾根点抽出(処理(c))は、一種のエッジ抽出法である。エッジ抽出法としてエッジ強度を2値化すると、結果のエッジが太くなり直線が複数化しやすい欠点がある。そこで太さが1に近いエッジ線を抽出するため、エッジ強度を地形の高さと見たときの尾根点をエッジとする。

ハフ空間への投票(処理(d))では、エッジ方向 $\theta_e$ 方向とエッジ位置(x, y)から計算される直線のハフ変換用の表現 $\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$ の $\theta$ と $\rho$ を計算し、 $(\theta, \rho)$ ハフ空間に投票する( $\rho$ を計算する原点は画面の中央にとる)。その際、エッジ方向 $\theta_e$ を誤差 $\pm \Delta \theta_e$ の範囲で振り、それに対応したセルに1票ずつ投票する[2]。

ハフ空間の粗走査とピーク検出(処理(e))では、

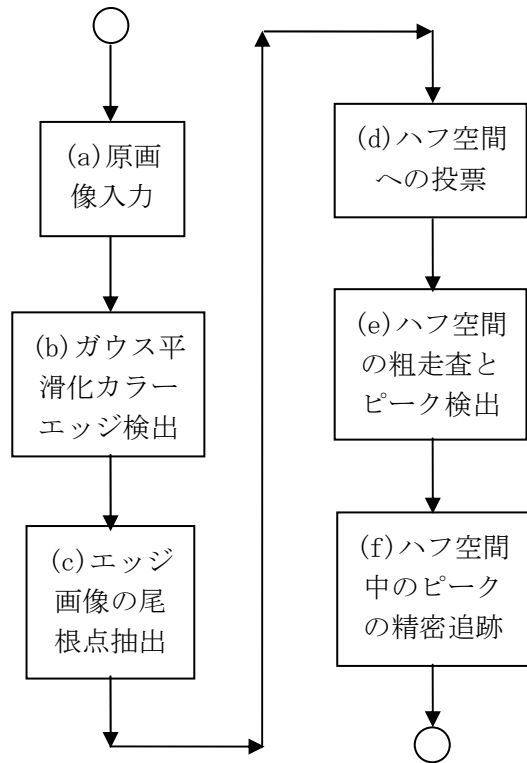


図1 ハフ変換に基づく人工物の直線検出の処理の流れ

ハフ空間中に局所窓を設け、窓の中心を $\theta$ 方向および $\rho$ 方向とも窓範囲が半分程度重複する範囲でハフセル間隔の複数倍の歩幅(粗ステップ)でハフ空間を走査する。そして、セルのカウンターの窓内合計が、着目位置に対して粗ステップの4隣接の窓位置に対して極大で、その値が閾値以上で、また、窓値の隣接のいずれれに対する差が閾値以上である点を粗走査ピーク点とし、これを検出された直線とする。

ハフ空間中のピークの精密追跡(処理(f))では、粗走査ピークを出発点として、粗走査と同じ窓サイズで歩幅を粗走査の場合より小さくし、4隣接を探索範囲として山登り法で探索したピークを精密追跡結果のピークとして、検出直線結果とする。

### 3. ハフ変換による直線検出実験結果

前節で示した手法をコンピュータ実験した結果を以下に示す。

入力画像は横1280画素、縦960画素でR, G, B各1バイトの建物の屋外風景のカラー画像である。

これに対してエッジ検出した結果のエッジ強度画像を図2に示す。図ではエッジ強度0を白とし、エッジの強さを黒の濃さで表現している。



図2 エッジ検出結果

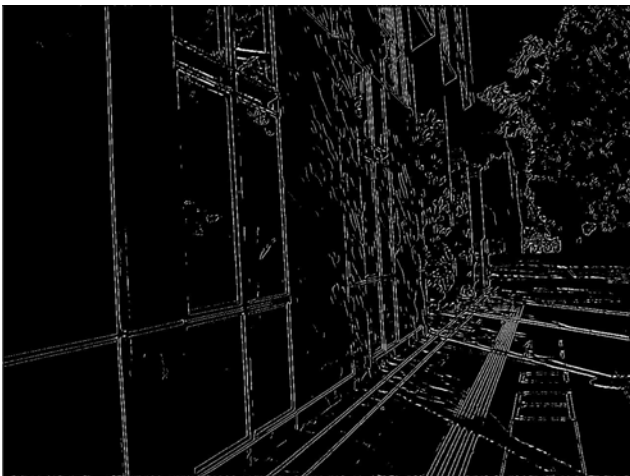


図3 エッジ強度画像の尾根点検出結果

このエッジ検出のエッジ強度に対する尾根点を図3に示す。図より主な強いエッジが太さがほぼ画素1の尾根点として検出されていることが分かる。

ハフ投票と粗走査ピーク検出に対応する抽出直線結果を図4、図5に示す。両図は原画像に尾根点を白点で重ね表示し、さらにその上に抽出された直線を赤で重ね表示している。図4では、エッジ方向の誤差を考慮していないため、抽出されるべき直線の乗る尾根点が原点からの垂線の足の近くにある線のみ抽出されていることが分かる。こ



図4 直線ハフ検出結果(エッジ方向誤差 $0^\circ$ )



図5 直線ハフ検出結果(エッジ方向誤差 $\pm 3^\circ$ )

れに対して、エッジ方向の誤差を $\pm 3^\circ$ 考慮した結果である図5では、所属する尾根点が十分な数抽出されている直線はほぼすべて抽出され、その抽出された直線の精度も良好であり、雑音線や類似近接線も殆ど出ていないことが分かる。

### 4. まとめ

ガウス平滑化を用いたカラーエッジ検出法と尾根点検出によるエッジ抽出法とエッジ方向の誤差を考慮したハフ投票とハフ空間上での窓を利用したピーク検出法により、シーン中の直線を効率よくまた精度よく検出できることを確認した。

### 参考文献

- (1)Duda,R.O.and P.E.Hart,Comm.ACM,Vol.15, pp.11-15(January,1972).
- (2)Frank O'Gorman,MB Clowes,IEEE Trans. Computers 25(4):449-456(1976).
- (3)関靖夫、奥平雅士、電子情報学会論文誌、D-II, Vol. J76-D-II, No. 3, pp454-463(1993年3月)。