

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	関 俊剛
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
<p>論 文 題 目</p> <p>Research on Hardware Implementation of Straight-Line Detection Based on Hough Transform for Real-Time Applications</p> <p>(リアルタイムアプリケーション用ハフ変換に基づく直線検出のハードウェア実装に関する研究)</p>			
<p>論文審査担当者</p> <p>主 査 教 授 MATTAUSCH, HANS JÜRGEN</p> <p>審査委員 教 授 横 山 新</p> <p>審査委員 教 授 藤 島 実</p>			
<p>[論文審査の要旨]</p> <p>本論文では、直線検出のための効率的なハードウェア実装アーキテクチャの研究・開発が報告されている。この直線検出は、コンピュータビジョンおよび画像処理における画像解析のための重要な基本技術である。本研究では特に、直線の位置座標を認識し、画像内での特徴を有するオブジェクト（例えば、道路レーン）の情報（例えば位置）を提供することとしている。用いられたハフ変換は、関数 $\rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta$ によって、デカルト座標 (x, y) 空間からハフ空間とも呼ばれる極座標 (θ, ρ) 空間へのマッピング処理を実行している。ここで、ρ は原点から直線までの最短距離であり、θ は x 軸とその直線に直交するベクトルとの間の角度である。</p> <p>本研究・開発を通して得られた重要な成果として4項目が挙げられる。第1に、$\sin \theta$ と $\cos \theta$ を計算するための新たなルックアップテーブル手法を開発し、θ を規則的に増加させることによって、2次元ハフ空間を1次元配列にマッピングできるようにした。その結果、(ρ, θ) の位置での ρ 投票（1を加算）計算は、アドレス競合のないパイプライン回路で実装できることになる。第2に、ハフ空間をいくつかの部分に分割して、計算の複雑さと並列化された投票手順の効率的な処理を可能にする。したがって、追加の論理比較器のみを使用することによって、投票手順中の閾値法による直線検出の並列化が可能になる。第3に、開発された並列初期化の概念によって、不要になったハフ空間記憶場所の再利用を可能にし、次の画像フレーム処理の前の待ち時間を減少させた。第4に、閾値処理と局所最大アルゴリズムを組み合わせた方法が開発されことによって、直線の検出精度が大幅に改善され、同時に高い計算速度と低いメモリ容量が可能になった。</p> <p>研究成果の検証のために、直線検出のプロトタイプシステムが、低コストおよび高性能のフィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) プラットフォームで実現され、処理速度とハードウェア効率の点で高い性能を実証した。その結果、Extended Graphics Array (XGA :1024×768 ピクセルの解像度) のような高解像度のビデオをリアルタイムで直線検出</p>			

することが可能になっている。

本論文は次のように適切に編成されている。第1章では、直線検出とハフ変換の背景を紹介している。第2章では、ハフ変換アルゴリズムと従来のハフ変換実装の不十分な特性について簡単に説明されている。また、計算の複雑さと精度の分析結果についても説明がある。並列化された投票手順を用いたハフ変換を実装するために、直線検出ハードウェアアーキテクチャおよびハフ空間の局所最大値を探索するアルゴリズムが、第3章で説明されている。第4章では、FPGA プラットフォーム上で開発されたプロトタイプシステムの性能の評価について説明している。本論文で得られた結果の結論と予定されている将来への発展は第5章に要約されている。

上述のように、本論文の著者は、リアルタイムアプリケーション用のハフ変換に基づく直線検出のハードウェア実装を開発し、その優れた特性を検証した。従って、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位に値すると判断する。

備考 審査の要旨は、1,500字程度とする。

試験の結果の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 工 学 ）	氏名	関 俊剛
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
<p>論 文 題 目</p> <p>Research on Hardware Implementation of Straight-Line Detection Based on Hough Transform for Real-Time Applications</p> <p>(リアルタイムアプリケーション用ハフ変換に基づく直線検出のハードウェア実装に関する研究)</p>			
<p>試験担当者</p> <p>主 査 教 授 MATTAUSCH, HANS JÜRGEN 印</p> <p>審査委員 教 授 横 山 新 印</p> <p>審査委員 教 授 藤 島 実 印</p>			
<p>[試験の結果の要旨]</p> <p style="text-align: center;">判定 合格</p> <p>学位請求論文の課題と成果の説明を通じて本申請者のプレゼンテーションスキルを検証した後、内容及び関連する事項に関して、以下の設問による口頭試験を行った。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 画像フレーム間のメモリ初期化の詳細手順と問題点 2. 車線検出精度のメモリサイズ依存性 3. 長い直線と短い直線との区別 4. 低コストおよび高性能 FPGA プラットフォームでの実装による性能向上の違い 5. 自動車の自動運転への応用 <p>本申請者は、いずれの設問に対しても的確に答えることができ、十分な基礎知識と見識を有していると判断できた。</p> <p>以上の結果により、本申請者は、博士（工学）の学位を授与するに値する学識を有しているものであることを審査委員全員の一致により認めた。</p>			

備考 要旨は、400字程度とし、試験の方法も記載すること。