

# 複素数ウェーブレット変換の設計と画像処理への応用

豊橋技術科学大学大学院 加藤 毅

## 1. 研究概要

本研究はウェーブレット変換 (WT) を用いて、新たな画像処理手法を提案する。これにより車載カメラからの歩行者や障害物検知、医療分野に利用される CT スキャン画像からの病変部位の検出等、機械が人間と同様に人や物体を正確かつ柔軟に、検知する事が可能となる。

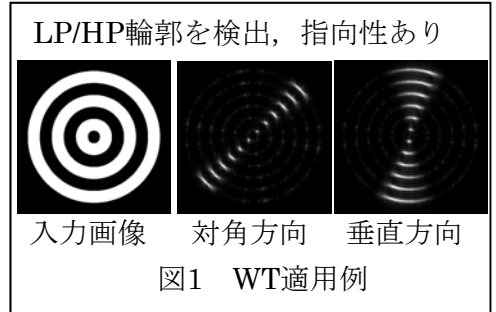
## 2. 研究背景

表 1 形状情報を抽出する主な手法とその性質

人間は一般社会の生活において、眼で見た物がどんな物体であるかを瞬時に認知し判断出来る。これは、人間が眼から得た色情報や形状情報、姿勢の情報を脳内で高速に処理しているためである。このような

		パターン マッチング	フーリエ 変換	ウェーブレット 変換	目標 技術
柔軟性	位置不変性	○	×	○	○
	回転不変性	×	△	△	○
	拡大・縮小不変	×	△	○	○
正確性	抽出精度	○	○	△	○

人間の視覚による作業を機械やロボットが代替/支援できれば、産業や生活の多くの場面に応用が可能となる。例えば工場では、人間に代わって機械による製品の傷の有無の検査に利用できる。また自動車の運転支援として歩行者や障害物の発見等である。これらはカメラから得た画像データの色、形状情報を処理し、画像やその周辺環境の理解が必要となる。画像から形状情報を抽出する手法は、主に表 1 に示す手法がある。主な手法の一つである WT は、他の手法と比べ、大きな欠点がない。そのため、WT を利用し、人間と同様に柔軟かつ正確に物体の形状情報を抽出可能な画像処理手法の構築を目標技術とする。



## 3. 問題点

WT は画像に対し、解析プロセス (ローパスフィルタ: LP, ハイパスフィルタ: HP) を適用し、画像を分解する。入力画像と分解結果の一例を図 1 に示す。図 1 にあるように、WT は画像中に写る物のエッジ (輪郭, 背景との境界等) を抽出できる。さらに、エッジの向き (対角方向, 垂直方向 etc) によって別々に抽出可能である (指向性)。しかし、表 1 に示すように、WT には以下の問題点がある。

- ① 回転不変性: WT の指向性はばらつきがあり、抽出する向きの範囲は、一定ではない (図 1, 各方向において、白くエッジ検出された角度範囲が異なる)
- ② 抽出精度: WT の指向性は、その角度範囲が大きい場合もある。角度範囲が大きい場合、形状の特徴を詳細に抽出することが難しい。

## 4. 研究目的およびそれによる社会的貢献

上記①, ②を改善し、WT による正確かつ柔軟な形状情報の抽出が可能なる手法を開発する。これは、画像処理の基礎研究として、製品の欠陥検査自動化や、運転行動支援、医師の CT スキャン診断支援等、従来よりも高い信頼性を持ったセンシング技術を構築可能である。

## 5. 提案手法

従来の WT は LP, HP を組み合わせて画像を様々な指向性エッジを得る。そのため LP, HP の性質に着目する。各 LP, HP によって画像を様々な周波数成分に分解できる。図 2(a)は従来の WT による各周波数成分への分解結果である。同図(b)は、(a)の斜線部の LP, HP から抽出される指向性エッジである。従

来の WT における問題点は指向性に問題があるため、LP,HP と指向性の関係について検討した。その結果、抽出されるエッジの指向性は周波数によって決定される事が確認され、周波数成分の原点に対する角度範囲（図 2 中原点からの斜線部への線）が抽出される指向性エッジの角度範囲と一致する事が判明した。これを利用し、新たな WT を提案した。図 3 は提案する WT である、従来は LP,HP を使い各四角の領域に分解していたが、提案手法は、放射状に分解するフィルタを設計した。図 2 の各領域は放射状に角度によって分割するため、原点からの角度範囲が均一である。さらにフィルタの通過帯域を設計可能にし、角度範囲を任意に変更可能なものにした。

### 6. これまでの研究成果

上記提案手法を用いることで、下記の研究が得られた。

問題点①について：従来の WT は抽出するエッジの角度範囲のばらつきが 40%程度である。しかし提案手法のばらつきは、2.9%であり、実用上問題ない誤差であることが確認された。ここから、どの向き対しても同様の指向性を持ち、回転不変な形状情報の抽出が可能となった。

問題点②について：従来の WT は抽出する角度範囲が最小でも 36[deg]程度であり、分解する角度範囲が大きいため、形状情報の詳細な抽出ができず、抽出精度が低い。一方で提案手法は 5[deg]程度まで分解可能であり、詳細な形状情報の抽出が可能であり、抽出精度の向上が確認された。

### 7. 実画像応用

実際に形状情報の柔軟かつ正確な抽出が、実現できるかを検討するため、製品画像から欠陥部分の識別実験を行った。図 4(a) が欠陥画像の例である。赤いマーク部分が製品に付着した汚れであり、欠陥となる。同図(b)は提案手法により対角方向の指向性エッジを抽出した結果である。この抽出結果からパターン認識を利用し、欠陥部分を判定した結果が同図(c)である。(c)から、欠陥部分を判定できており、正しく形状情報が抽出されている事が確認された。さらに従来手法と欠陥の正解率、誤って抽出した誤判定率を(d)に示す。(d)から、提案手法が最も欠陥の識別率が高く、信頼性の高い外観検査を実現でき、提案手法が画像処理手法として有効であることが確認された。

### 8. まとめ

本研究では、従来の WT の形状情報を抽出する機能の問題点（柔軟性、正確性）を解決した。ここから、欠陥の形状情報から識別実験を行い、提案手法の有効性を確認した。今後、医用画像の処理による病変部分の検知等、様々な検査・診断技術へ展開する。

