

縞画像解析における閾値による位相接続法の検討

宮本洋子研究室

B4 福原美穂

1. 序論

本研究の目的は、縞画像解析における閾値を用いた新しい位相接続法の開発に向けて課題を整理することである。位相接続法の1つに振幅最大木法がある。振幅最大木法は雑音に強く、物体の形状が複雑な場合でも位相接続すべき箇所を自動的に選択するという利点を持つ。しかしその反面、計算に手間がかかり、画像全体を見て作業を進めるため並列作業に向かないという欠点を持つ。そのため、閾値と局所的な情報のみから位相接続を行い、振幅最大木法と同等な接続経路を得る方法を提案することを目指す。

2. 原理

2.1 位相アンラッピング

測定したい3次元物体に縞画像を斜め上から投影すると、物体表面の高さ分布に従って縞の位置がずれる。この位置のずれた縞を撮影してフーリエ変換法によって処理すると、高さ分布を位相としてもつ複素振幅分布が得られる。この複素振幅の実部と虚部から位相を求めるが、求まる位相は区間 $[0, 2\pi)$ 内で定義された位相 (θ) と整数 n を用いて $\theta + 2n\pi$ と表される。この n を確定する作業を位相アンラッピングと呼ぶ。本論文では位相の整数部と呼ぶ。

ここで n を確定する方法を説明する。まず隣接する画素を選び、画素間の位相差が $-\pi \sim \pi$ と仮定して n を決める。次に、既に n が確定した画素に確定していない画素を接続する作業を行う。既に整数部が定まっている画素を「基準画素」とすると、基準画素に隣接画素を接続するとき、基準画素の位相 θ を新しく繋ぐ画素の位相 θ から引いたときの値で場合分けする。位相の差が $-\pi \sim \pi$ の場合新しく画素の整数部は基準画素の整数部と同じとする。 π より大きい場合は(基準画素の整数部 -1)、 $-\pi$ より小さい場合は(基準画素の整数部 $+1$)とする。画素を接続する順序を決める方法の1つとして最小木(最大木)構築問題に置き換える方法がある。頂点を辺で接続して、すべての頂点が繋がっている状態を木と呼ぶ。この木の中で特定の評価関数を最小(最大)にするものを求めることを最小木(最大木)構築問題という。最小木(最大木)として、位相接続の経路を決めれば、画像全体について n を確定することができる。

2.2 振幅最大木法

振幅最大木法とは、隣接画素間の振幅の積の値が大きい順に木を作る位相接続法である。使用するのは隣接画素間の振幅の積であり、ある画素の振幅の値を b_i 、その画素に隣接する画素の振幅の値を b_j とおくと以下の式になる。

$$b_i \times b_j \quad (1)$$

振幅最大木法で位相アンラッピングの経路を決定し、経路内の隣接画素間の位相差が $-\pi \sim \pi$ と仮定

して各画素の位相の整数部を決定することができる。図 1 に接続方法の例をあげる。各画素間に記載されている数値は、振幅積を表している。☆の位置を始点とした際に、赤線は接続候補であり、繋いだ後の水色で囲まれた画素の塊が木である。その後木に隣接している画素間の振幅積の値を比較し、全ての画素が繋がるまで繰り返す。

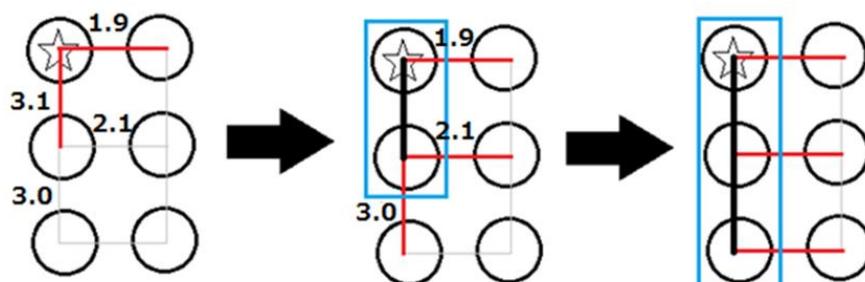


図 1. 振幅最大木法を用いた経路の作り方

2.3 閾値を用いた位相アンラッピング

隣接画素の振幅積の値に閾値を用いる方法について説明する。最初に設けた閾値より大きい値をもつ辺を最初に繋ぎ、そこから閾値を下げ同じように閾値よりも大きい値の辺を繋いでいく。閾値より大きい振幅の積をもつ辺が複数あった場合は大きい順に結ぶ。

2.4 経路と整数部の関係

位相接続開始位置(例：左上隅)から隣接画素をたどって接続するとき、一般に特定の画素に至る経路は複数ある。そして経路によって整数部が異なる場合がある。この問題は木を作成することにより解決する。木ではある画素からある画素までの経路が 1 つだけ存在することが保証される。よって整数部を決定することができる。この決定方法は使用する方法によって、アンラッピング経路が変化するため、同一の画素に対して異なる決定方法の間で必ずしも整数部が一致するとは限らない。

3. 実験

3.1 縞画像の記録

測定したい 3 次元物体に縞画像を投影し、FlyCapture を用いて記録した[1]。縞画像を記録する際には、撮影した画像を記録するために用いた。記録した縞画像を図 2 に示す。

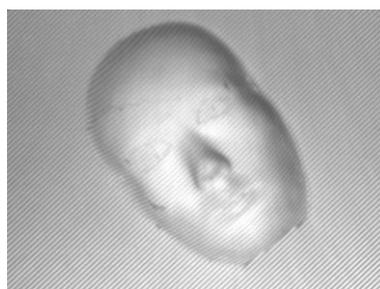


図 2. 記録した縞画像

3.2 位相アンラッピングを行う

記録した縞画像から 10×10 の画素について振幅の値を FtmManager.exe を用いて抽出し、各隣接画素間の振幅の積を求めた。この値を用いて振幅最大方法と閾値を用いる方法で位相アンラッピングを行った。木の作り始めの画素を指定し、振幅の積が大きい箇所から辺を繋ぎ、木を作った。作り終わったら全ての画素が辺で繋がれていることを確認し、接続開始箇所の画素から順番に隣接画素との位相差を確認しながら整数部を決定した。

また、本実験では閾値の値を 35.5 から始めて、0.1 ずつ下げていった。

4. 結果

図 3 と図 4 に振幅最大木法を用いた場合と閾値を用いた場合の位相アンラッピング経路と各画素の整数部の値についてまとめた。

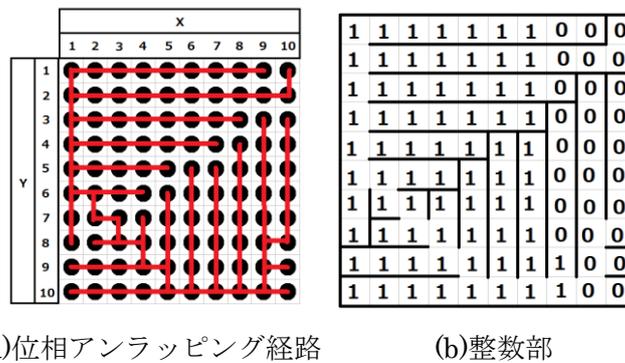


図 3. 振幅最大木法を用いた場合の位相アンラッピング経路と整数部

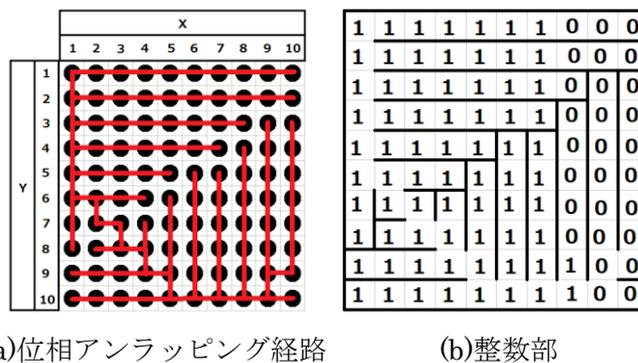


図 4. 閾値を用いた場合の位相アンラッピング経路と整数部

5. 考察

閾値を用いて位相アンラッピングを行った際に、振幅最大木法と同等の経路を得ることができた。しかし、将来的に計算機で自動化すること、 10×10 画素よりも大きい画像に対して処理することを前提にした際に 2 つの問題点を見出した。

5.1 問題点その1

1つ目は既に同じ木に属している画素間の振幅積が閾値を超えたとき、接続しないという判定が必要となるのでどのように対処するかというものである。1つの木と見なされた画素どうしは再度接続とすることはできない。しかし、閾値を設けた際に接続の候補となる場合があるので候補から除く必要がある。

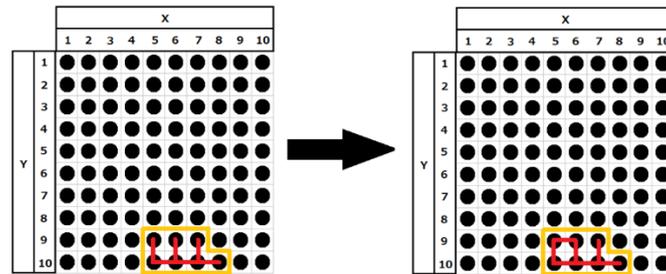


図 5. 問題点その 1

5.2 問題点その 2

2つ目は異なる木に属している画素間が接続の候補になったときに、整数部の値をどう統合するかという問題である。1つの木内部で設定された整数部は、必ずしも他の木と接続した際に同じ値になるとは限らないので調整する必要が生じることがある。

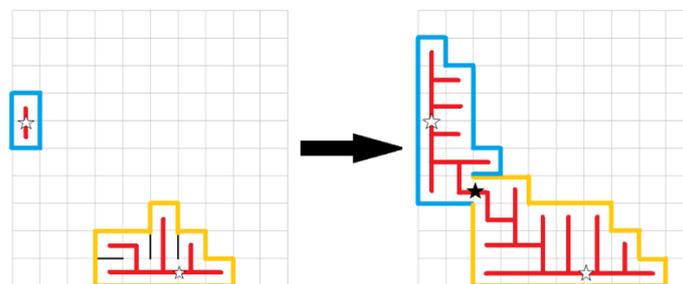


図 6. 問題点その 2

6. まとめ

振幅の積の閾値を使う方法で手動で位相アンラッピングを行い、複数の問題を見出した。1つは既に同じ木に属している画素間の振幅積が閾値を超えたとき、接続しないという判定が必要となるのでどのように対処するかというものである。もう 1つは異なる木に属している画素間が接続の候補になったときに、整数部の値をどう統合するかという問題である。この問題を解決することが今後の課題となる。

参考文献

- [1] 尾藤浩一, 「フーリエ変換法を用いた三次元形状測定」, 2007 年度 ETL テキスト pp.11-13 (2007)