HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	EFFICIENT AND ACCURATE PHASE UNWRAPPING ALGORITHMS FOR NOISY IMAGES WITHIN FRINGE PATTERNS [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Abdelwahab, Samia Heshmat Hassan
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11450号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55620
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Samia_Heshmat_Hassan_Abdel_Wahab_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　Samia Heshmat Hassan Abdelwahab

審査担当者　主　査　准教授　富岡 智
副　査　特任教授　板垣 正文
副　査　教　授　佐々木 浩一
副　査　教　授　村井 祐一

学位論文題名

EFFICIENT AND ACCURATE PHASE UNWRAPPING ALGORITHMS FOR NOISY IMAGES WITHIN FRINGE PATTERNS

(高雑音干渉縞に対する高効率高精度位相連結アルゴリズム)

電磁波あるいは光の位相計測技術は, 非接触かつ高分解能の二次元分布計測手法として, 気体の温度分布計測, プラズマの電子密度分布計測, 物体表面の凹凸分布計測, 地表面標高分布計測等の広い分野に応用されている。この位相分布は直接計測することはできず, 干渉信号から位相連結処理により算出される。雑音が大きな干渉信号の場合には, 算出された位相に位相連結処理における大きな誤差が混入し実用に耐えない場合が多いため, 高精度な位相連結処理の開発が待たれている。また, 位相の時間的変化の計測, あるいは, コンピュータトモグラフィーとの併用による三次元屈折率分布測定では, 大量の位相計算処理が必要となり, 位相連結処理の高速性も求められている。

本論文は, このような現況にある位相連結処理に関して研究し, 高雑音の干渉信号に対しても, 高精度, かつ, 低計算コストの方法を新たに提案している。

本論文の第一章では, 上記の背景と目的, ならびに以下に示す位相信号処理方法と問題点を示している。測定信号である干渉信号は位相により変調された三角関数として表されるので, 干渉信号に逆三角関数を作用させれば位相を求めることができる。しかし, 逆三角関数が多価関数であるため, 主値を位相とする場合には不連続点が発生し, この不連続点を連続に接続する位相連結のプロセスが必要となる。干渉信号がサンプリング定理を満足している場合には容易に位相連結が可能であるが, 雑音が含まれる場合にはサンプリング定理を満足できない特異点が現れ, 連結された位相に誤差が混入することが問題となる。

第二章では, 過去に提案されている位相連結法の代表的なものについてその特徴を示している。位相連結法は, 位相連結の経路を適切に選ぶ経路追従法と, 正則化法の二つに大別できる。高雑音信号の場合には特異点が多く現れるため経路を適切に選ぶことは難しく, 正則化法が有利である。正則化法では, 特異点を除去するために画像空間全体に補償量を加えるが, 正則であった領域にも補償量を加えるため本来の位相を歪ませてしまい誤差が混入する。

第三章以降では, 著者が新たに提案した位相連結法に関して示している。

第三章では, ベクトルの回転演算から求められる補償量を用いた位相連結法について示している。この方法での補償量は特異点からの距離の逆数に比例する。正負の特異点対による双極子の場合には, 補償量は特異点間の距離を特異点からの距離の自乗で除したものになる。これに注目して, 双極子を構成できない特異点については, 測定画像の境界の外側に仮想特異点を配置することにより双

極子を構成できるようにし, さらに, 他の特異点についても画像の各画素領域の中心に固定せず, 画素領域内での移動により双極子の大きさを小さくできる工夫をしている。これらの方法により, 既存の方法と比べ, より高精度の解析が可能となるが, 多くの計算時間を必要とする。

第四章では, 特異点には隣接画素で双極子を構成するものが多く存在することに着目し, 回転演算補償法の一部をブランチカットに置き換える方法を示している。この双極子については, 正則化の際の補償は不要となり, 回転演算補償法よりも誤差が小さくなり, さらに計算コストの低減も図れている。

第五章では, 第四章でアイデアをさらに発展させ, 隣接画素のみならず, 距離が近い複数の特異点をグループ化し, そのグループの特異点を含む局所的な領域のみを正則化する局所補償法について論じている。この方法では, 正則化に必要な量は局所領域のみにおいて定義されるため, 局所領域以外の点では, 正則化による誤差は混入せず, 第四章の方法よりもさらなる高精度化がなされている。また, 補償量の計算に, ベクトルの発散と回転を代数方程式として表すことにより, 比較的短い計算時間で解くことができることを示している。

第六章ではこれらを総括している。

本論文において新たに提案された位相連結法により, 今後, 高速現象の計測のように雑音が大きな測定系により得られるデータに対しても, 位相連結が可能となり, 測定系の低雑音化に関する制約を軽減できる。また, 計算コストの低減により, 位相の時間変化やコンピュータトモグラフィー等のように大量の画像処理を必要とする問題でも実用的な時間で解くことができるようになり, より多くの分野への応用が期待できる。

これを要するに, 著者は, 従来の方法では誤差が大きく適用できないような高雑音の干渉縞画像に対しても適用可能な高精度かつ実用的な計算時間の位相連結法を新たに開発し, 位相計測技術に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。