

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	2 アンビギュイティを生じる合成開口レーダの観測記録から大変位を推定する時系列干渉解析法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	大串文誉
Author(English)	Fumitaka Ogushi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12068号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松岡 昌志,元結 正次郎,盛川 仁,佐藤 大樹,山中 浩明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12068号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	大串 文誉	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	松岡 昌志	教授	山中 浩明	教授
	審査員	元結 正次郎	教授		
		盛川 仁	教授		
	佐藤 大樹	准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「 $2\pi$ アンビギュイティを生じる合成開口レーダの観測記録から大変位を推定する時系列干渉解析法に関する研究」と題して、以下の 5 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、構造物や地表面などの対象物の時系列の変位をミリメートルの精度で推定可能な技術として、人工衛星搭載の合成開口レーダによる時系列干渉解析法についての先行研究を概観し、レーダ観測特有の倒れ込み現象が発生する都市域に対して有効な手法である **Persistent Scatterer Interferometry (PSI)** の課題と本研究の目的を述べている。観測記録の位相差は、対象地点の高さに起因する位相差と、対象物の変位速度に起因する位相差を含んでいる、との考え方にに基づき、**PSI** では、対象物の高さを時系列コヒーレンスの最大値により決定し、観測記録の位相差から高さに起因した位相差を差し引くことで、対象物の変位を算出しているが、位相情報が $-\pi$ から $\pi$ に繰り返す現象 ( $2\pi$ アンビギュイティ) が生じる観測記録から大変位を推定することや、時間に対して線形にならない変位 (非線形的な挙動の変位) について、その対象物の高さを正しく決定できないなど、変位の推定には問題があることを述べている。そして、対象物の高さおよび変位の推定手法を改良して、上述の問題を解決する **Non-Linear Non-Parametric Persistent Scatterer Interferometry (NN-PSI)** を提案することを本研究の目的としている。

第 2 章「**Non-Linear Non-Parametric Persistent Scatterer Interferometry (NN-PSI)** の提案」では、 $2\pi$ アンビギュイティを解決する方法として、マルチベースラインモデルのスペクトル解析法に着目し、**PSI** を改良した **NN-PSI** を提案している。まず、対象物の高さおよび変位速度は、レーダの波長、人工衛星の位置とベースライン距離および観測間隔から期待される値の範囲内で大きく変化しないものと仮定して、高さについては、変位速度方向の時系列コヒーレンスの累積値から推定する手法を提案し、非線形的な挙動の変位を示す対象物にも適用可能であることを明らかにしている。そして、対象物の変位は、決定した高さに対して、上述の範囲内のすべての変位速度の位相差について、時系列コヒーレンスで重み付けをして重ね合わせることで計算できることを提案している。なお、時系列に連続した位相差が得られるため、近接する 2 時期において位相差の差が  $2\pi$  以上になった場合には、 $2\pi$ アンビギュイティによる不連続と判断して、位相差の値を補正できる点を指摘している。そして、**PSI** との比較をしつつ、**NN-PSI** の計算手順を提案している。

第 3 章「数値シミュレーションによる **NN-PSI** の適用範囲の評価」では、**NN-PSI** を適用するにあたり、対象物の時系列変位の種類および人工衛星の観測条件、さらに、計算過程における各種パラメータが変位推定結果に及ぼす影響について、数値シミュレーションを用いて明らかにしている。対象物の時系列変位を、線形、ステップ、指数関数、周期的なものとした場合、**NN-PSI** は  $2\pi$ アンビギュイティが生じる記録であっても非線形的な挙動の大きな変位を推定でき、既往の **PSI** より推定精度が高いことを明らかにしている。また、人工衛星の観測条件をランダムにして複数回試行した数値シミュレーションによると、対象物の変位が大きくなると **PSI** による推定値はばらつくのに対し、**NN-PSI** の推定値は安定することを明らかにしている。一方、**NN-PSI** の計算コストの軽減を目的として、高さと変位速度の計算範囲や解像度を変更したところ、変位速度の計算範囲を狭くした場合に推定精度が大きく低下することから、観測条件から期待される変位速度の範囲に従って計算することが望ましいことを明らかにしている。さらに、人工衛星のベースライン距離の頻度分布がほぼ一定となる場合には、対象物の高さが正しく推定できず、その結果、変位の推定精度が低下することを明らかにしている。

第 4 章「**NN-PSI** の実観測記録への適用」では、現在運用されている人工衛星合成開口レーダの実観測記録に **NN-PSI** を適用し、手法の妥当性について検証している。関東地域の複数の電子基準点の記録と **NN-PSI** による変位推定結果との比較を行い、両者の値が同程度であることを確認している。

九十九里や三浦半島の一部地域では、PSI には  $2\pi$ アンビギュイティの影響により変位に大きな不連続性がみられるが、NN-PSI からは連続的に変位が推定でき、また、大規模構造物への適用の結果からは、熱膨張に起因すると考えられる周期的な変位が推定できることを示している。そして、地盤沈下が確認されている調布市とハンガリー・ブダペスト市に適用し、地表面の大変位が推定できることを示すと共に、急激な地盤沈下が発生した時期と地下工事を施工した時期がほぼ一致することを示している。

第 5 章「結論」では、本研究で得られた成果を総括し、NN-PSI の適用範囲や今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、 $2\pi$ アンビギュイティを生じる人工衛星搭載合成開口レーダの観測記録から対象物の大変位を推定する時系列干渉解析法を提案したものであり、広域的に分布する多数の構造物や地表面の変位を高精度に推定できることを示している。これらの成果がもたらす都市防災や都市環境評価への貢献は大きい。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。