

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)	A study on multi-temporal interferometric stacking technique to estimate large displacement from SAR observation data with 2 ambiguity
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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	人間環境システム	専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	大串 文誉		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	松岡 昌志	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor (sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「 2π 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」として、以下の5章から構成されている。

第1章「序論」では、広域の地表面変位を把握することが可能な、合成開口レーダ (SAR) の時系列干渉解析法の種類、特徴、既往研究および問題点を整理し、SAR 観測では変位推定が難しいと考えられている、地表面の起伏が大きく変化する都市域においてもミリメートルの精度で変位推定が可能である Persistent Scatterer Interferometry (PSI) に着目している。PSI は、複数の SAR の観測記録における同地点の位相差を利用し地表面変位を推定するため、その位相差が大きくなると $-\pi$ から π の範囲で繰り返す現象 (2π アンビギュイティ) が発生し、正しく変位推定ができないという問題点を示している。また、PSI の変位推定は時間に対して線形的に変位することが前提となっており、非線形的な挙動をする変位には推定モデルの構築やパラメータ設定が容易でなく汎用性がない点も指摘している。これらの問題を解決するため、PSI における変位推定を改良し、 2π アンビギュイティを生じる観測記録から大変位を推定可能とする、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、PSI における計算手法の問題を示し、その改良方法について概説している。NN-PSI の主な改良点として、高さの決定方法と変位の推定方法を挙げている。PSI は干渉処理により求まる位相差から高さによる位相差を差し引いて変位による位相差を推定するが、その高さによる位相差は高さの決定方法により求まる。この決定方法の改良では、非線形的な挙動をする変位にも適用可能となる方法を示している。また、変位の推定方法の改良はマルチベースラインモデルのスペクトル解析法を拡張し、変位による位相差を観測範囲で考えられるすべての変位速度から求まる位相差を重ね合わせ、その位相差を変位として推定する方法を提案している。この推定方法を用いることで、変位による位相差は観測期間内では連続的となるため、 2π アンビギュイティにより不連続性を発生する位相差であっても、観測時期が隣接する位相差の差が 2π 以上となる箇所を検出し、連続的な位相差に補正できることを述べている。また、NN-PSI の計算手法を定式化し、計算パラメータの範囲や処理手順を示している。

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、数値シミュレーションにより、観測条件と変位タイプを変更し、NN-PSI の変位推定における機能を評価している。変位タイプは線形、ステップ、指数関数および周期的な変位を設定し、それぞれのタイプの変位量を変更しながら推定を行い、NN-PSI の推定変位の精度が PSI よりも大幅に改善することを確

認している。また、観測条件を変更し繰り返し計算した結果、NN-PSI は PSI よりばらつきが少なく、安定した精度で推定できることを明らかにし、周期的な変位についても推定モデルを構築せず変位推定できることを把握している。PSI よりも計算範囲を広げて演算する NN-PSI の計算コストの削減を目的に、計算範囲を狭くして変位推定に与える影響を調べたが、推定精度が大幅に低下したことから計算範囲は観測条件により求まるものが適していることを明らかにしている。衛星の観測条件による推定精度への影響についても確認し、NN-PSI が推定可能となる観測条件を示唆している。

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衛星 SAR の観測記録に NN-PSI を適用し、手法の妥当性について検証している。関東地域では電子基準点の観測記録から求まる変位と NN-PSI の推定結果を比較し、傾向が一致していることから推定精度は同程度であることを把握している。また、九十九里や三浦半島の一部では、PSI の推定結果において 2π アンビギュイティの影響により不連続性を生じる大変位が確認されたが、NN-PSI は問題なく推定できることを示している。気温と同期する大規模建物の周期的な変位についても NN-PSI により推定可能であり、非線形的な変位の推定における有効性も示している。地盤沈下が確認されている、調布市とブタペスト・ハンガリーにて NN-PSI を適用し、 2π アンビギュイティにより影響を受ける大変位を推定できることを示すとともに、地盤沈下が発生した時期と工事を施工した時期が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、今後の課題について述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	人間環境システム	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名 : Student's Name	大串 文誉		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	松岡 昌志
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

One of the interferometric stacking techniques, called Persistent Scatterer Interferometry (PSI), is widely used to detect displacements on artificial objects such as buildings in millimetric order. However, PSI has some limitations because the range of the phase to convert the resulting displacement is limited from $-\pi$ to π (2π ambiguity). Since crustal movements are active in Japan, it is critical for the displacement monitoring to solve this limitation in PSI. Consequently, the purpose of this study is to propose Non-Linear Non-Parametric Persistent Scatterer Interferometry (NN-PSI) that is able to estimate large scale displacements influenced by 2π ambiguity.

Two components in the PSI procedure are improved in NN-PSI. The first is to detect the height for the estimation with displacements having non linearity in time (non-linear displacement). The second is to use the spectral analysis based on the multi-baseline model when estimating the phase difference by displacement. This estimation does not depend on any displacement models, and it might be possible for NN-PSI to estimate non-linear displacements without any empirical parameters.

After the method proposition, NN-PSI was evaluated by a numerical simulation to understand its ability of estimating several types of displacements. According to the simulation, the significant improvement of NN-PSI is confirmed in the estimation of the displacement influenced by 2π ambiguity. The validation with the real data was also conducted. The estimated displacement by NN-PSI was compared with GPS data over the Kanto region in Japan, and the results by NN-PSI show good agreement with the GPS data. It is also confirmed the capability of NN-PSI to estimate non-linear displacements on some buildings.

We conclude that NN-PSI enables to estimate large scale and non-linear displacements that limit PSI estimation due to 2π ambiguity, and this improved method leads to expand applications for displacement monitoring in urban areas.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).