

2016年熊本地震の被災地を観測したPALSAR-2画像のコヒーレンスおよび後方散乱強度からの建物被害の抽出

Detection of Building Damage Due to the 2016 Kumamoto Earthquakes Using Coherence and Intensity of Backscatter from PALSAR-2 Images

○賀川 健人¹, 大串 文誉², 松岡 昌志³
 Kento KAGAWA¹ and Fumitaka OGUSHI² and Masashi MATSUOKA³

¹東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻 大学院生

Graduate Student, Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology

²東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻 大学院生

Doctoral Student, Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology, M.Sci.

³東京工業大学 環境・社会理工学院 建築系 准教授 博士 (工学)

Assoc. Prof., Department of Architecture and Building Engineering, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng

Earthquakes over M6.0 have continuously occurred since April 14th 2016. When disasters occur, it is important to grasp the damages in early stage for taking the effective measures. Remote sensing can observe wide-area and grasp the damages swiftly at one time. This study performed to detect the building damages from difference of the values of coherence and intensity of backscatter obtained by ALOS-2 PALSAR-2 images taken before and after the events .

Key Words : The 2016 Kumamoto Earthquakes, building damage, coherence, backscattering intensity, PALSAR-2, remote sensing

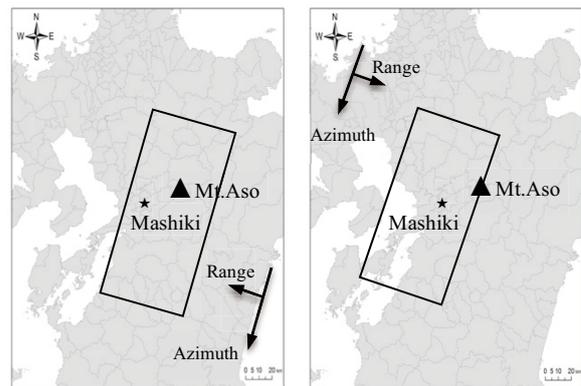
1. はじめに

2016年4月14日から、熊本県を中心にM6以上の地震が連続して発生している。特に、14日21時26分(M6.5)の地震および15日0時3分(M6.4)に発生した地震(前震)、16日1時25分にはM7.3の本震が発生した。国土地理院の調査では、布田川断層帯に沿った地盤の変動や、南阿蘇河陽地区における大規模な土砂崩壊が報告されている¹⁾。このような災害発生時において、早期に被害を把握することは効果的な災害対応を考える上で重要であり、人工衛星リモートセンシングでは広域かつ迅速に被害の把握が可能である。1995年兵庫県南部地震以降、人工衛星に搭載したセンサによって取得される人工衛星リモートセンシングを利用した手法が被害の早期把握に積極的に利用され、河川の氾濫や地盤沈下のモニタリング等においても成果をあげている。

本報では、ALOS-2衛星の合成開口レーダ(SAR)センサであるPALSAR-2画像を用い、前震において被害がみられた熊本県益城町周辺を対象地域として、地震前後のマイクロ波の後方散乱強度の変化と位相の干渉度合いを示すコヒーレンスの変化から建物被害の抽出を試みた。

2. データセット

今回は地震前(2014/11/14, 2015/11/30, 2016/03/07)に撮影されたPALSAR-2画像と、前震後(2016/04/15)に撮影されたPALSAR-2画像をデータセットとし、①2015/11/30(Master)-2016/03/07(Slave)、②2014/11/14(Master)-2016/04/15(Slave)の2ペアを用いて前震によって被害が生じた建物の抽出を試みた。図1にPALSAR-2の観測範囲を示す。



(a) ペア①観測地域

(b) ペア②観測地域

図1 観測地域(矩形部分)

3. RGB コンポジット画像からの考察

Master画像とSlave画像に対して干渉処理を施すことによって1枚のコヒーレンス画像(Coherence)が得られる。干渉処理とは、Master画像とSlave画像を位置合わせした後、同一地点において観測されたマイクロ波の位相成分の差分を計算することによって地表の変動を検出する技術であり、一般に、地表に変化がなければコヒーレンスは高くなる。また、それぞれのMaster画像とSlave画像からは、マイクロ波の後方散乱強度を表す画像(Master dB, Slave dB)が得られる。図2に示すように、得られたコヒーレンス画像と前後の後方散乱強度画像の3枚をそれぞれRGBに着色合成(R:コヒーレンス画像, G:Masterの後方散乱強度画像, B:Slaveの後方散乱強度画像)することによってRGBコンポジット画像を作成した。なお、各画像のピクセル分解能は5m×5mとして、ペア①、②それぞれについて作成した。

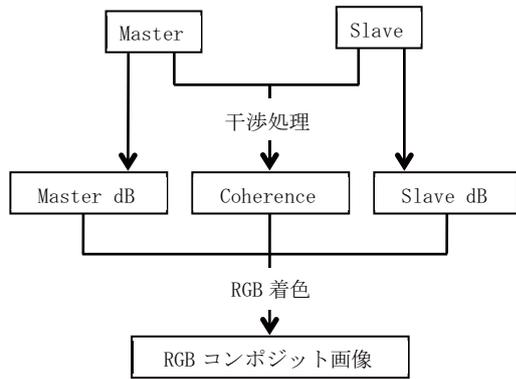


図 2 RGB コンポジット画像作成フロー

図 3 に前震前のペア①と前震前後のペア②の RGB コンポジット画像を示す。益城町や西側の熊本市などの市街地では比較的高いコヒーレンスが安定しているため R 成分が高くなっているが、ペア①でコヒーレンスが高かった観測範囲内の北と南側は、ペア②ではコヒーレンスが低下しているため R 成分が低くなっている。これは、益城町や熊本市街の南北には森林が広がっており、2回の観測の間の季節の変化や天候の変化によって植生や土壌の状態が変わったために干渉性が下がったためであると考えられる。市街地の中で、ペア①で R 成分が高かった場所のうち、地震後に R 成分が低くなり GB 成分が卓越している地域は、前後でマイクロ波の波長相当の変化が生じたことで干渉性が低下した場所であり、そのような場所は軽微な被害を含む建物である可能性が高い。

図 4 には益城町周辺の拡大図を示す。ペア①の地震前と比較すると、ペア②の地震発生後において R 成分が低くなっており、コヒーレンスが低下した地域が確認できる。さらに、GB 成分をみると、地震後に後方散乱強度が低下した地域は、B 成分が低下して G 成分が卓越する。これは、建物と道路との間のマイクロ波の複数反射（カージナル効果）が低下したことを意味し、建物倒壊等のように地面に対する垂直面が減少した場合に現れるが、今回の解析においても何箇所かそのような場所が確認された。

4. コヒーレンス比による検討

建物被害があったと推察される地域について、コヒーレンスの比から建物被害を抽出する既往手法²⁾を用いて結果を比較した。ただし、今回の観測条件では衛星間のベースラインの差によるコヒーレンスの低下は 0 に近似できると考え、ここでは考慮しないものとする。地震前ペア①から得たコヒーレンスを $\rho_t^{(1)}$ 、地震前後ペア②から得たコヒーレンスを $\rho_t^{(2)}$ 、コヒーレンス比を η_t とすると、 $\eta_t = \rho_t^{(2)} / \rho_t^{(1)}$ である。ここで、コヒーレンスは $0 \leq \rho_t \leq 1$ であるが、本解析では十分に安定している建物群で構成された地域をテストエリアとしているため、 $\rho_t^{(1)}$ の閾値を 0.6 として計算した。もし、 $\rho_t^{(2)}$ の値が $0.6 < \rho_t^{(2)} \leq 0.6$ であれば地震によって被害が生じたと考えられる。よって被害があった地域のコヒーレンス比は $0 \leq \eta_t \leq 1$ の範囲内であると予想され、値が小さいほど前後の変化が大きいことを表す。

求めたコヒーレンス比画像を図 5 に示す。特に、コヒーレンス比が $0 \leq \eta_t \leq 0.5$ の地域と RGB コンポジット画像で R 成分が低く GB 成分が卓越した地域は概ね一致した。

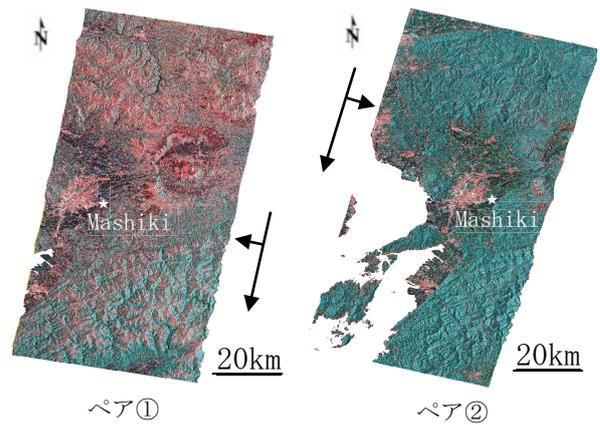


図 3 RGB コンポジット画像

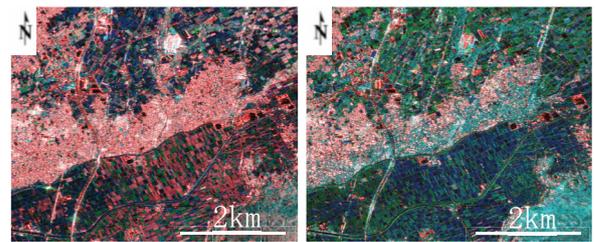


図 4 益城町周辺の RGB コンポジット画像

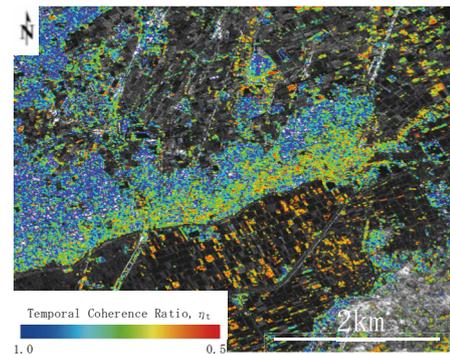


図 5 コヒーレンス比画像

5. まとめと今後の課題

本報では熊本地震の建物被害の抽出について、地震前後の PALSAR-2 画像のコヒーレンスと後方散乱強度の RGB コンポジットによる可視化およびコヒーレンス比を用いた変化抽出を行った。これらの方法によって大まかな被害範囲を検出することができたが、現段階では建物の被害率等の定量的な把握には至っていない。また、SAR 画像に含まれるスペックルノイズが被害の抽出精度へ与える影響を考え、ノイズの低減について考慮する必要がある。今後は航空写真や現地調査との比較により、今回検出された被害範囲の精度検証と合わせ、最終的にはコヒーレンスおよび後方散乱強度の変化から、前震、本震の建物の被害度判定まで発展させたい。

参考文献

- 1) 国土地理院：平成 28 年熊本地震に関する情報、<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html>, 2016 年 5 月 1 日
- 2) 伊藤陽介, 細川直史：干渉 SAR データを用いた地震被害度推定モデル, 電気学会論文 C, Vol. 122, No. 4, pp. 617-623, 2002