合成開口レーダによる 2016 年熊本地震時の熊本県益城町の建物被害の解析

日大生産工(院)	○川井 彩佳	日大生産工	野中 崇志
日大生産工	朝香 智仁	日大生産工	岩下 圭之

1. はじめに

地震大国と呼ばれる日本において災害を避け ることはできない.近年では、南海トラフ地震や 首都直下地震などの巨大地震が想定されており、 防災や減災が注目されている.

近年の大規模地震の一例として熊本地震が挙 げられる. 熊本地震は 2016 年の 4 月 14 日に発生 し熊本県熊本地方を震源とする M6.5 本震を観測 した巨大地震である. この地震では,建物倒壊や 土砂災害が際立って発生しており,中でも最大震 度 7 を観測した熊本県の中央に位置する益城町 では,大規模な建物被害をもたらした. このよう な地震発生時において被害状況を把握するため 人工衛星を使い,遠隔的に地面や建物の状態を観 測できる技術がリモートセンシングである. 地震 後の建物の被害状況の把握手法として,夜間や天 候に左右されずに観測できる SAR が有効である. 2014 年に打ち上げられた JAXA が運用している Lバンドの ALOS-2/PALSAR-2 も活用が期待され ている.

既往研究では、実災害時に PALSAR-2 データよ り建物被害を評価した研究事例が多くない. そこ で、本研究では2時期の時間変化を示す指標であ るコヒーレンスに着目した. 熊本市と益城町のコ ヒーレンス値を比較し被害の大きさとの関係を 示すとともに、益城町内の建物倒壊率とコヒーレ ンスの関係を明らかにすることを目的とした.

2. 使用データ

本研究で用いた地球観測衛星 ALOS-2(だいち2 号)は国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)が運用している. ALOS-2 に搭載された L バンド合成開口レーダ PALSAR-2 である. 合成開 ロレーダ(Synthetic Aperture Radar:SAR)は自らマ イクロ波を地球に向けて発射し,対象物から散乱 されて戻って来るマイクロ波をとらえる. そのた め,夜間や悪天候時にも観測ができる¹⁾.

ALOS-2は、2014年に災害状況把握や環境監視を目的として打ち上げられた.衛星は南から北へ



Fig.1 益城町内の解析範囲と解析メッシュ

Table 1 使用した衛星画像の組み合わせ

\setminus	2015年			2016年			
		地	震前	地震後			
	Ds	Ds	As	As	As	Ds	Ds
No.	2月9日	2月23日	12月22日	3月29日	4月26日	5月10日	5月16日
1		0					•
2			0		⇒•		
3	0						•
4				0 🗲		⇒•	

向かう軌道(アセンディング,以後 As)と北から南 へ向かう軌道(ディセンディング,以後 Ds)がある.

本研究の建物の倒壊度を求める解析範囲を Fig.1 に示す. 熊本地震の観測のために地震前の 2015年2月9日から地震後の2016年5月16日 までのPALSAR-2データを取得した. コヒーレン ス画像の計算に使用したペアデータを Table1 に 示す. また, コヒーレンス画像より都市域を抽出 するのに JAXA が作成した「高解像度土地利用土 地被覆分類図」を用いた. 解析結果の評価で使用 した現地データは, 京都大学の益城町の現地調査 データ²である. 被害なし, 被害あり, 傾斜, 倒 壊で分類された 1115棟のデータを用いて使用し た.

3. 解析に使用した指標と解析方法 3.1 解析に使用した指標

コヒーレンスは光の波長の干渉のしやすさを 示す度合いの可干渉性のことである.式(1)で定 義される異なる2時期の衛星画像によって作成 される.

Building damage analysis in Mashiki-town, Kumamoto Prefecture during the 2016 Kumamoto earthquake using synthetic aperture radar

Ayaka KAWAI, Takashi NONAKA, Tomohito ASAKA and Keishi IWASHITA

$$\gamma = \frac{|\langle c_m c_n * \rangle|}{\sqrt{\langle c_m c_m * \rangle \langle c_n c_n * \rangle}} \tag{1}$$

ここでは、 $\gamma(t_m)(t_n)$: コヒーレンス、Cm: 日付 m の複素データ、Cn: 日付 n の複素データ、*: 複素共役を表す.

建物被害を抽出するため地震前後の画像ペア で作成した.コヒーレンス画像は0から1で表さ れる.変化が大きいほど値は0に近づき変化が小 さいほど値は1に近づく.

3.2 解析方法

まず,益城町の建物被害現地調査のデータより 各 200 メートルに設定したメッシュデータを作 成し,各メッシュデータ内の傾斜と倒壊の割合を 算出する.傾斜と倒壊の割合を倒壊率と定義し, 式(2)で算出する.

倒壞率 =
$$a/b * 100$$
 (2)

ここで, a: 現地調査データの傾斜と倒壊の棟 数, b: 現地調査データの全調査数とする.

次に As, Ds それぞれについて Table 1 の 2 つ のペアでコヒーレンス画像を作成した後,土地被 覆データから都市域の領域を抽出して,メッシュ データに沿って切り取る.そして,得られたコヒ ーレンス値を倒壊率と比較し評価と考察を行う.

4. 結果

4.1 熊本市と益城町のコヒーレンス値の違い³⁾

Fig.2 に解析範囲の No.2 の組み合わせによるコ ヒーレンスを示す. 黄囲みは益城町, 赤囲みは熊 本市駅周辺を示す. コヒーレンス値が大きく低下 している場所は, 熊本地震の震源地である益城町 であった. 益城町内のコヒーレンス平均値は 0.22 であり, 熊本市と比較するとコヒーレンスが 0.33 低下していた. これは, 2 時期の間の時間変化す なわち, 被害が大きかったことを示している.

4.2 コヒーレンスと倒壊率の関係

各メッシュのコヒーレンス値と倒壊率の関係 の散布図を Fig.3 に示す.横軸に倒壊率,縦軸に コヒーレンス値,直線はこれらの線形回帰式を表 す.Ds(No.1)でコヒーレンスと倒壊率は負の有意 な相関(r=0.63)が見られた.組み合わせを変えた No.3(r=0.62)でも有意な関係であった.一方で,As においてはどちらの組み合わせ(No.2, No.4)とも にこれらに有意な関係が見られなかった.なお, Ds では組み合わせを変えても同じメッシュのコ ヒーレンス値の差は高々0.02 であったが,As は 全体的にそれより大きい.





5. まとめ

本研究ではALOS-2/PALSAR-2によるコヒーレ ンスを用いて, 熊本地震における建物被害の把握 を目的とした. 建物被害が大きかった益城町は熊 本市よりも0.3 程度小さかった. また軌道方向に 依存は見られたが, 益城町内の倒壊率とコヒーレ ンスに相関が見られた. 甚大被災地域の詳細被害 状況の把握にコヒーレンスが使用される可能性 が示唆された.

参考文献

1) リモートセンシング技術センターHP, リモートセンシングとは, (2020)

<u>https://www.satnavi.jaxa.jp/project/alos2/</u>(参照 2020-12-9) 2)山田雅行ほか,2016 年熊本地震における益城町での 被害メカニズムの解明~地盤特性の影響~,土木学会論 文集 A1(構造・地震工学), Vol.73, No.4, (2017), 1_216-1_224.

3)鈴木,藤倉ほか,熊本地震における都市域に着目した被災状況の把握-ALOS-2/PALSAR-2による解析-, 環境安全工学科令和元年度卒業研究,(2019)