災害状況把握を目的とした高精度 Ku バンド SAR 再生画像の判読手法に関する検討

香川大学大学院工学研究科	正会員	〇古田明広	
三菱電機株式会社	非会員	浜津享助、	北潟悟
株式会社国土情報技術研究所	正会員	大林成行	

1. はじめに

地震、火山噴火、豪雨などの被災状況調査では、広範囲 に及ぶ被災箇所を迅速かつ客観的に把握するために空から の情報収集が効果的となる。現状では空中写真や高分解能 衛星データが広域被災状況の判読に活用されているが、夜 間や悪天候時、噴煙の影響が著しい場合など、カメラや光 学式センサによる観測(撮像)では制限がある。

このような中、「昼夜全天候」で機動的に広域観測が可能 な航空機搭載型合成開口レーダ(SAR: Synthetic Aperture Radar)の適用が注目されている。SAR はプラットフォーム からマイクロ波を送信して、地上の対象物から反射・散乱 されて戻ってくるエコーを受信するレーダであり、信号処 理技術を用いることによって2次元データ(以下、SAR 再 生画像)が取得できる特徴がある。また、2地点で観測され た後方散乱データからインターフェロメトリック処理によ って対象領域の3次元データも高い分解能で観測できる。

しかしながら、SAR 再生画像はレーダの照射方向と対地 角によって同一地点でも後方散乱の特徴が異なることや観 測方式に起因する地形の歪みが内在することなど、画像判 読時に考慮しなければならないSAR 独特の問題が存在する。 このため、被災状況調査へSAR 再生画像を活用していく場 合、取得したデータから被災状況を把握(抽出)するため の判読手法を確立して行くことが課題となっている。

2. 目的

以上のような背景のもと本研究では、航空機搭載型 Ku バンドSAR 再生画像を対象に以下の2点について検討した。 ①Ku バンド SAR 再生画像の正確な判読に欠かすことので

きない基本要素である幾何学的歪みの発生状況について 検討する。

②Ku バンド SAR 再生画像を判読して、広域被災状況把握 を目的とした SAR 再生画像の適用性について検討する。

3. 使用データ

表1に本研究で使用したSAR 再生画像の観測時パラメー タを示す。航空機搭載型KuバンドSAR では約2cmの短い マイクロ波を利用する。また、衛星搭載型SARと比較して、 飛行高度が低いことからマイクロ波の減衰が少ないため、 地表面被覆の細やかな状況まで観測できる特徴がある。

4. SAR 再生画像に内在する幾何学的歪みの検討

航空機からサイドルッキングによりマイクロ波を送受信 して観測された SAR 再生画像には、地形起伏や構造物の立

キーワード: 合成開ロレーダ、自然災害、画像判読 〒762-0007 香川県坂出市室町2-5-20 Tel:0877-44-3111, e-mail:furuta@comet.ocn.ne.jp

表 1 Ku バンド SAR 再生画像の観測時パラメータ

項目	パラメータ
送信周波数	16.7GHz(Ku バンド)
送信出力	300W
観測幅	約 0.5km
水平分解能	0.3m
観測高度	1,920m
オフナディア角	Near:44.3° Far:55.4°

地により独特の幾何学的歪みが生じる。ここでは、SAR 再 生画像に内在する幾何学的歪みをシミュレーションした。

(1) 航空機と観測対象点の幾何学的関係

図1にSAR 観測時の航空機と観測対象点のレンジ方向に おける幾何学的な関係を示す。観測対象点の高さ(hi)が既 知である場合、飛行高度やレンジ距離などの観測時パラメ ータから、観測点の倒れ込み量(dyi)と影域(シャドー量: dsi)を式(1)、(2)に従い計算できる。

(2) 幾何学的歪みのシミュレーション

式(1)、(2)を用いて、SAR 再生画像に内在する幾何学的歪みの発生状況をシミュレーションした結果を同一領域のSAR 再生画像と航空写真とともに図2に示す。

「■ の領域」は倒れこみ前の位置(基準位置)、「■ の 領域」は観測地点の高さに伴い倒れこみが発生し、構造物 の上部が移動した位置を示す。矢印(A、B)で示した箇所 は高層ビルであり、倒れ込み量が大きいことが分かる。

「■の領域」は照射されたマイクロ波が航空機軌道方向 (紙面上方向)の構造物によって遮断されてしまうため、 マイクロ波が届かない位置を示す。基準位置が影域に含ま れている箇所は、後方散乱が得られない可能性がある領域 となる。なお、マイクロ波は斜め上方から照射されるため、 影域の高さ方向の影響は遠方ほど低くなる。



分野	情報収集項目	SAR 再生画像の判読結果と災害状況把握への適用可能性	災害状況把握へ向けた課題
ビル 家屋	 施設倒壞箇所 ・火災発生状況 	 ・構造物の縁では後方散乱の大きい線が現れる特徴がある。この線の連続性に着目して構造物の損壊状況を推定することが一つの方策として考えられる。 ・オーバーレイ、シャドーの影響が大きいため、高層建築物の周辺の被災状況は単一方向から観測されたデータのみでは判読できない。 	 ①幾何学的歪みの影響により観測できない 領域を低減するために、同一領域でも複数 方位からの観測を実施する必要がある。 ②被災状況調査では災害前後のデータによ る時系列変化の抽出が効果的となる。平常 時のデータ蓄積を増すことが課題となる。 ③災害発生時に即座にフライトできるよう な緊急観測体制の整備が不可欠である。また、観測・収集したデータを地上受信局へ 逐次ダウンロードできるような通信手段 を構築することも迅速なデータ収集には 必要である。 ④道路設計や都市計画に求められる3次元デ ータの精度は縮尺1/1,000~3,000 程度であ り、縦、横、高さともに50cm以上の精度 が要求されると言われている。Kuバンド SAR システムでも更なる分解能の向上が 望まれる。 ⑤GIS (Geographical Information Systems)で異 種空間データと統合的に利用できるよう にするため、オルソ補正の処理方法を考案 する必要がある。
道路	 ・路面、付帯施設の破損状況 ・交通ネットワークの寸断箇所 	 ・道路施設からの後方散乱は道路線形及び付帯施設の配置状況とレーダ照射方向・角度に大きく依存する傾向にある。 高架道路の倒壊や盛土崩壊、周辺斜面の崩壊等、比較的規模の大きい被害は把握できる可能性があるが、路面の亀裂等の微細な損壊は判読が困難である。 	
河川	 ・出水、破堤状況 浸水状況 ・堤防の亀裂、法面 崩れ等の状況 	 ・護岸・堤防からの後方散乱は河川線形とレーダ照射方向・角度に依存する部分が大きい。出水、破堤箇所も観測条件によって判読できない場合がある。 ・水域は後方散乱が小さい。このため、河川流域の液状化被災領域は比較的容易に判読できると推察できる。 ・河川水量の増大も河川幅から間接的に推定することも可能である。 	
砂防	 ・斜面崩壊状況 (箇所、面積) ・地すべり状況 (箇所、面積) 	 ・樹木域と裸地・芝地領域では異なった後方散乱特性を示す。このため、倒木を伴う規模の大きい斜面崩壊等であれば樹木の有無から被災領域を間接的に判読できる可能性がある。 ・Kuバンド帯域はマイクロ波の波長が短いため、樹木の上部で反射・散乱が発生する。このため、樹木等の下部で発生した災害に関しては判読できない。 	
港湾 航空	・護岸施設、滑走路 の破損状況	 ・水域と陸域の界目に配置された施設では崩壊・陥没等の被災状況が比較的容易 に判読可能であると推察できる。 ・滑走路は水平であるため亀裂や陥没等の微細な被害も判読できる可能性がある。 	



b)航空写真

データ提供 : JAXA a)SAR 再生画像



c)倒れ込み量と影域のシミュレーション 図2 幾何学的歪みのシミュレーション結果

(3) SAR 再生画像判読におけるシミュレーションの効果

レイオーバーやシャドーといった幾何学的な歪みは SAR 再生画像の後方散乱特性を判読する際に常に派生する問題 である。本シミュレーション結果は、SAR 再生画像にどの ような情報が写りこんでいるのかを簡易的に把握する際に 有効な情報となる。SAR 再生画像から被災箇所を判読して いく場合にも、このような幾何学的特性を把握できるシミ ュレーション結果を併用することが一つの方策と言える。

5. 災害状況把握における SAR 再生画像の適用性と課題

様々な地表面被覆箇所を観測したSAR 再生画像と航空写 真、本シミュレーション結果とを比較判読することにより、 災害状況把握へのSAR 再生画像の適用性を検討した。表 2 に「ビル・家屋」、「道路」、「河川」、「砂防」、「港湾・航空」 の分野別に見たSAR 再生画像の判読結果と災害状況把握へ の適用可能性及び今後の課題について整理した。

水平分解能 30cm の Ku バンド SAR 再生画像では、観測 条件に起因する幾何学的歪みの影響やノイズの影響に伴い、 必ずしも高い分解能で地表面被覆を観測できないことが航 空写真との比較結果より明らかになった。また、施設の配 置とレーダの照射方向・角度によって観測結果が大きく異 なる傾向にあるため、観測条件によっては判読できる被災 規模、種類が異なる可能性があることが分かった。広域被 災状況調査に SAR 再生画像を活用していくためには、観測 時の飛行方向や高度、レーダ照射角、同一地点の観測回数 の選定が重要となることが検討結果より明らかになった。

6. まとめ

本研究の成果は以下の3点にまとめられる。

- ①Ku バンド SAR 再生画像に内在する幾何学的歪みのシミ ュレーション方法を提案した。
- ②また、本シミュレーション結果が SAR 再生画像を判読す る際の基礎情報として利用できることを示した。
- ③災害状況把握における Ku バンド SAR 再生画像の適用可能性と活用へ向けた課題について整理した。

【参考文献】

 国土交通省総合技術開発プロジェクト報告書「災害等に 対応した人工衛星利用技術に関する研究」災害復旧作業 における高分解能衛星データ利用に関する研究、2001年.