

要配慮者の存在位置・ニーズ把握キットの 物体検出に関する分析 —大規模地震災害時を想定した検討—

森崎 裕磨¹・藤生 慎²・古田 竜一³・高山 純一⁴

¹学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: yki20@stu.kanazawa-u.ac.jp

²正会員 金沢大学准教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fujju@se.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 一般財団法人リモートセンシング技術センター (〒105-00011 東京都港区虎ノ門3丁目17-1)

E-mail: furuta_ryoichi@restec.or.jp

⁴フェロー 金沢大学名誉教授 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: takayama@se.kanazawa-u.ac.jp

地震災害は規模が広域化するほど被災者が持つニーズを収集することが難しくなり、きめ細やかな被災者支援の実現も困難を極める。また、地震災害が甚大化するほど携帯電話、防災アプリ等の使用が困難になることが知られている。筆者らは、SAR衛星が観測可能かつ後方散乱係数が異なる複数のリフレクタを開発し大規模地震災害が発生した直後に被災者に設置していただき、その存在位置・ニーズを把握する仕組みの提案を行っている。本研究では、観測されたSAR画像の中から、金沢市に設置したリフレクタのぶった検出を実施する。分析手法は、物体検出アルゴリズムのYOLOv5を用いた。本研究における分析を通して、YOLOv5を用いることにより、筆者らが開発したリフレクタの検出が可能となった。

Key Words : *large-scale earthquake disaster, satellite SAR image, vulnerable people, YOLOv5*

1. 本研究の背景と目的

(1) 本研究の背景

地震災害時において、「災害時要配慮者」の人的被害が大きいことが知られている。地震災害は、水害等と比較した際には、被害が及ぶ範囲が広く、停電・インフラ設備・施設等に被災による災害対応能力の大幅な低下も懸念される。また、復旧までに時間を要する特徴を持つため、災害に対して脆弱である要配慮者にとって、過酷な環境下に置かれる期間が長い。

現在、災害時要配慮者の中でも特に自力避難が難しい者（避難行動要支援者）の名簿作成が各自自治体で行われている。近年の地震災害時においても避難行動要支援者名簿の使用を試みる動きが見られている¹⁾²⁾。避難行動要支援者に対する登録要件は各自自治体によって定められているが、おおむね要介護認定3以上を受けた者、障がい者手帳1級以上を有する者等、平時より支援が必要な者が多い。高齢化率が著しく高い我が国では、特に高齢

者において、避難行動要支援者の登録要件には該当しないが、地震災害時には第三者の支援を求める者（たとえば要支援1, 2, 要介護認定1, 2を受けた者等）も地域内には確実に存在すると考える。

近年では、迅速な災害対応のため、発災後の適切かつ正確な地域の状況、被災者ニーズの情報収集が可能なシステムの開発が求められており³⁾、特に災害に対して脆弱である要配慮者の迅速な発災後の存在位置、ニーズの情報収集が必要である。

これまでの被災地内において被災者が情報を発信するツールに関して、近年では携帯電話等の情報端末を用いられている⁴⁾⁵⁾⁶⁾。これらのアプローチに関しては、ニーズの発信、ニーズ情報の集約が比較的容易である。しかし、通信の仲介を担う基地局が被災する可能性が十分にあり、その場合は通信環境が広域的に途絶する問題点も持っている。また、TwitterなどのSNSを用いて被災者が情報を発信するケースもみられるが、この点においても通信環境に依存する。消防団員による巡回（人海戦

術)のほか、高所カメラやヘリコプターを利用する方法があるが⁷⁾、災害情報収集に従事する人員の不足が懸念されていることや、これらの方法で収集した情報には、把握範囲が非常に狭い点と、精度・確度に課題があるとされている。無人航空機(ドローン)を用いた被災地の情報収集手段に関しても、近年の地震災害においては活発に利用がなされている。ドローンを用いた空撮においても、ヘリコプターなどを用いた手法と同様に把握範囲が限定されている点があり、被災地の状況把握には非常に適しているが、被災者の実情・ニーズなどの反映は難しいと考える。

(2) 本研究のアイデアと目的

本研究では、被災地内の通信環境が途絶し、広域的な被害が発生するような大規模地震災害時を想定しており、外部との情報通信を必要とする、携帯電話等が使用できない状況下で活躍するツールを目指している。通信環境が使用できるレベルの地震災害においては、本ツールの活躍場面はなく、携帯電話等の活用によって被災者の位置・ニーズ把握が求められると考えている。

本研究においては、位置・ニーズ把握のために、合成開口レーダ(SAR)より取得される衛星画像を活用する。存在位置・ニーズ把握のためのプロセスとして、筆者らはこれまでにSAR衛星が観測可能でありかつ後方散乱係数が異なるリフレクタを3種類(図-1に示す通り、以下4, 6, 9角形リフレクタと名付け、記述する。)開発している。これらを被災者の存在位置・ニーズの把握に応用す

る⁸⁾。リフレクタの形状によって反射強度を示す後方散乱係数が異なることから、後方散乱係数の差をニーズの差と定義する。例えば、4角形リフレクタは、「怪我をして避難ができない」、6角形リフレクタは、「道路が閉鎖され、孤立してしまった」、9角形リフレクタは、「けが人が近くにいて、助けが必要」といったようなニーズの内容が考えられる。ニーズの内容に関しては、自治体、住民間で各地域に適したニーズを柔軟に決定することを想定している。そして、発災後に被災者がニーズに沿ったリフレクタを設置することによって、被災地外へ存在位置およびニーズを発信することが可能である。以上が存在位置・ニーズ把握までの流れである。

筆者らは複数回のSAR衛星の観測機会において、多数のリフレクタを金沢市内の各所に設置している。これまでの筆者らの研究活動として、図-1に示した4, 6, 9角形リフレクタの後方散乱係数の値、およびその平均、標準偏差の把握を実施している。

本研究では、観測されたSAR画像の中から、4, 6, 9角形のリフレクタをそれぞれ検出することを目的とする。検出の手法としては物体検出アルゴリズムであるYOLOv5を用いる。

2. 既往研究の整理

本研究では人工衛星SAR画像より観測されたリフレクタの後方散乱係数の差を用いて、被災者の存在位置・ニ

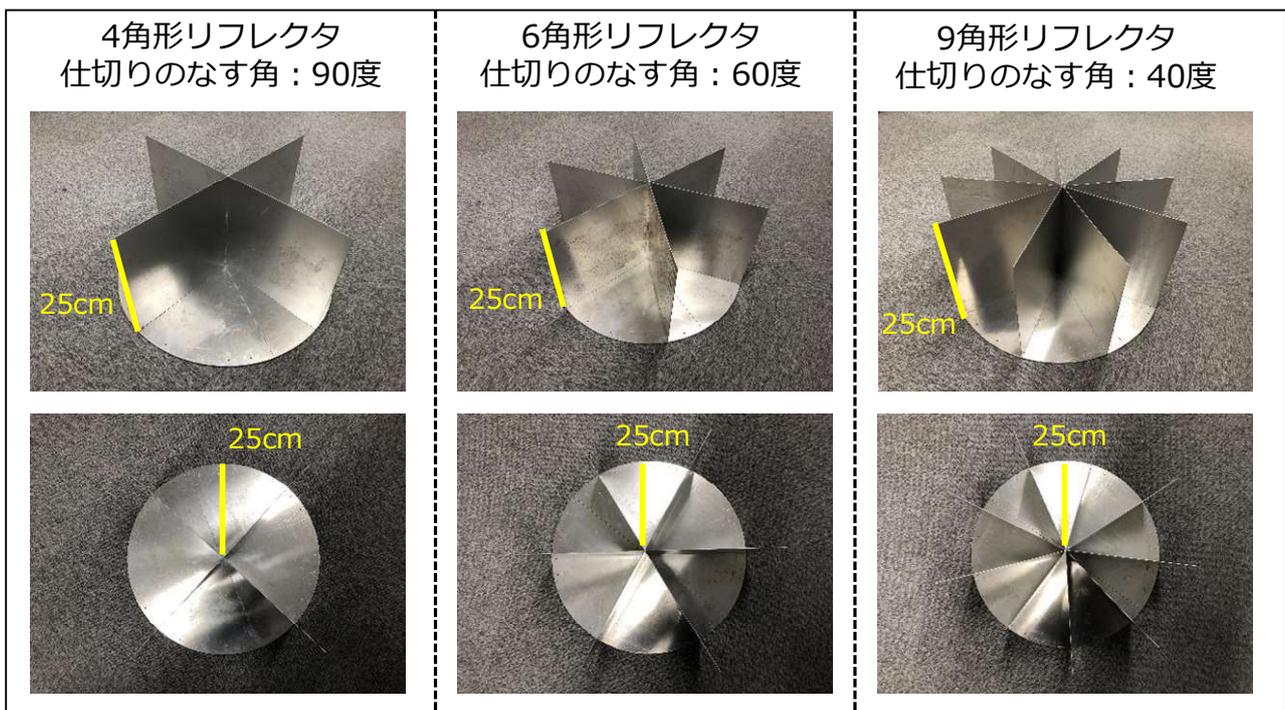


図-1 筆者らが提案している被災者の存在位置・ニーズ把握ツール

ーズの把握を行う研究であるが、筆者らが遂行している研究以外に、本研究に類似した既往研究は確認できなかった。したがって、本章ではSAR画像を用いて物体検出を実施している既往研究、また、地震災害時においてSAR画像を活用した既往研究に着目して整理を行うこととする。

(1) SAR画像を用いて物体検出を実施した既往研究

SAR画像を用いて物体検出を実施した研究は数多く実施されている。本研究のように、物体検出アルゴリズムであるYOLOシリーズを使用し、物体検出を行った研究として、Yang et al⁹⁾の研究がある。SAR画像を使用し、YOLOv2を用いて船舶の検出手法の構築を実施している。本研究は、筆者らが開発したリフレクタを検出することを目的としているため、SAR画像を用いたターゲットの検出という点で類似点が見られる。

(2) 地震災害時においてSAR画像を活用した既往研究

地震災害時において人工衛星SAR画像を活用した研究について整理を行う。SAR画像の地震災害時活用に関する研究は様々な分野、災害を対象として、非常に多くの研究がなされている。例えば、三浦ら¹⁰⁾は、SAR画像を用いて、地震災害後の建造物の被害把握を行っている。また、支倉ら¹¹⁾は、東北地方太平洋沖地震時における津波被災地の建物被害区域の決定手法の提案を行っている。これらの研究内容は、いずれも地震災害後の建造物に着目し、その被害状況を把握する内容であり、本研究における要配慮者の位置・ニーズ把握を行う研究内容とは視点が異なる。

3. SAR衛星・ASNARO-2とリフレクタ設置実験の詳細

(1) 使用する SAR 衛星の概要

本研究では、NECが運用するSAR衛星ASNARO-2¹²⁾ から取得される衛星画像を用いる。本研究で用いる分解能は、観測幅10km、分解能1m以下のSpotlightモードで観測された衛星画像である。HH偏波、Xバンドの波長で照射されたマイクロ波により観測を行った。

(2) リフレクタの設置実験の概要と学習用データ

前述しているように、筆者らは後方散乱係数が異なる3形状のリフレクタを開発している(図-1)。これらのリフレクタに関して、これまでに筆者らは、石川県金沢市内の各所に設置する実験を複数回実施している。YOLOv5を用いたリフレクタの検出を行う過程で、膨大な学習用データが必要となる。したがって、筆者らは複数回の実験を経て、リフレクタの設置を実施している。表-1に示すように、2020年5月26日～7月22日の間で5回のリフレクタ設置実験を実施している。リフレクタの設置個数は4角形リフレクタが18個、6角形リフレクタが12個、9角形リフレクタが14個の合計44個設置した。これらを

表-1 学習用データの詳細

観測日	衛星の進行方向	電波の照射方向	4角形リフレクタ設置個数	6角形リフレクタ設置個数	9角形リフレクタ設置個数
2020年5月26日	北行軌道	左向き	5	3	5
2020年5月28日	南行軌道	右向き	5	5	5
2020年7月7日	北行軌道	左向き	1	1	1
2020年7月21日	北行軌道	左向き	1	0	0
2020年7月22日	南行軌道	右向き	6	3	3

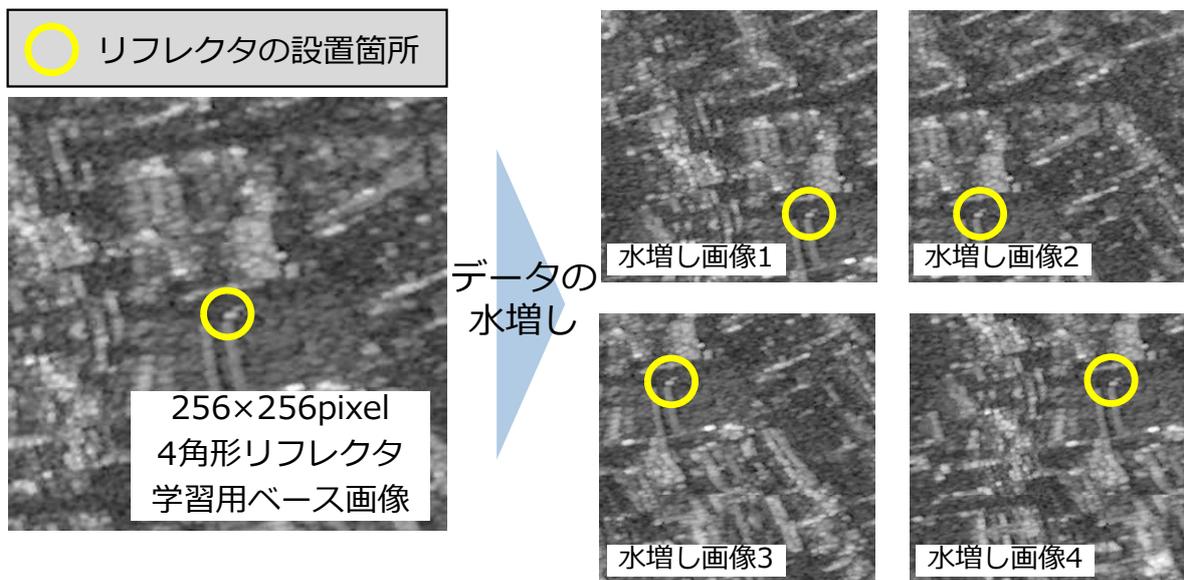


図-2 学習用データと水増し画像

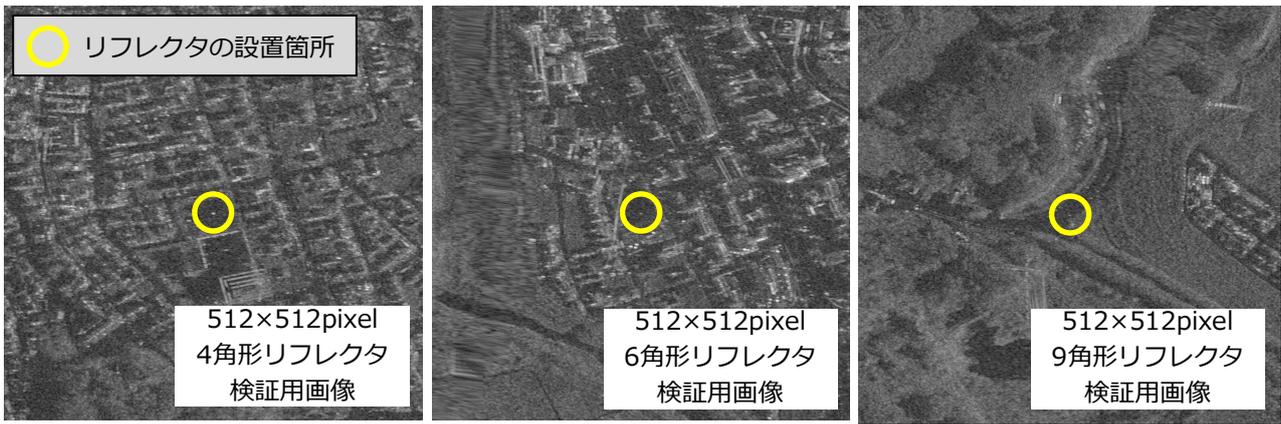


図-3 各形状リフレクタの検証用データ



図-4 YOLOv5を用いたリフレクタの検出結果

学習用のデータのベース画像として使用する。

なお、学習用データは256×256ピクセルと統一し、画像中心にリフレクタが配置されるよう、作成する。リフレクタが中心に配置されたこれらの学習用データをはじめに44枚作成する。学習用データの一例を図-2に示す。また、YOLOv5を行う際には膨大な学習データが必要となる。したがって44枚の学習用データに対して水増しデータを作成する必要がある。本分析では、中央にリフレクタを配置した画像に対して、画像中心（リフレクタの位置）から鉛直方向に126ピクセル、水平方向に126ピクセルを移動した画像を図-2のように4枚作成する。

以上の水増し作業を行うことによって、合計220枚の画像を学習用データとした。なお、筆者らはこれまでの研究成果として4、6、9角形リフレクタ間には後方散乱係数に明らかな差が発生していることを確認しているが、本分析においては学習データ数の確保を行うため、全形状のリフレクタを統合し、「リフレクタ」として学習を行う。

(3) 検証用データについて

次に、検証用のデータとして、2020年11月25日（南行

軌道・右向き照射）の観測データを用いる。本研究はYOLOv5を用いたリフレクタ検出の基礎的な検討であることから、観測データの中で各形状のリフレクタで1パターンずつの検証を行うこととする。図-3に各形状のリフレクタの検証用データを示す。検証用データは、すべて512×512ピクセルであり、画像中心にリフレクタが配置されている。

4. YOLOv5を用いたリフレクタの検出結果

以上の学習用データおよび検証用データを用いてYOLOv5を実行した。分析を行う上では、Googleが提供するサービスであるColaboratoryを用いた。なお、220枚の学習用画像に対して、バッチサイズ32、エポック数500で学習を行った。

学習ののち、YOLOv5を用いてリフレクタの検出を行った結果を図-4に示す。4角形リフレクタでは、画像中心に配置したリフレクタが検出されていることが確認できる。一方で、4角形リフレクタの検出結果では、図中右にて、リフレクタ以外の物体がリフレクタとして検出

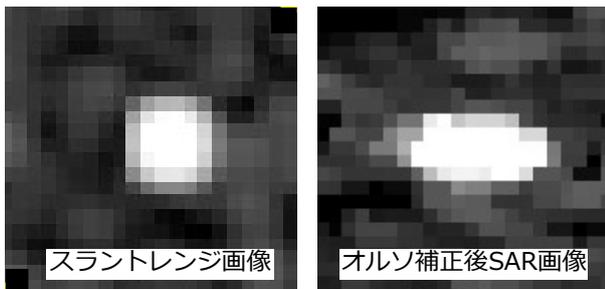


図3 SAR衛星に映るリフレクタの様子

されていることが確認できる。また六角形リフレクタにおいても、検出が成功していることが確認できる。しかし、六角形リフレクタにおいては、4角形リフレクタの検出結果画像と比較した際、誤検出が4か所発生する結果となった。最後に、9角形リフレクタの検出結果においては、画像中心部に配置したリフレクタの検出を行うことができなかった。一方で、2か所の誤検出が発生している結果となった。

4, 6, 9角形リフレクタにおいて誤検出が発生した原因としては、SAR画像に映るリフレクタの形状と、似た地表物があり、誤検出を招いたことが考えられる。SAR画像に映るリフレクタはスラントレンジ画像上では、円形の形状をとる(図5・左)。本研究ではオルソ補正を行ったSAR画像を用いてアノテーション、および学習を行っており、若干画像が伸び、小判型の形状をとっている(図5・右)。学習に用いたリフレクタは非常に単純な形状をとっていることから、この小判型形状に近い後方散乱係数の広がり、数値の物体が地表に存在している場合は、誤検出を招く可能性は大いにあると言える。

今回の分析を踏まえた今後の課題については次章にて詳細に示す。

5. まとめと今後の課題

本研究では筆者らがこれまで開発を行ってきた要配慮者の存在位置、ニーズ把握のための3種類のリフレクタに関して、観測されたSAR画像の中から検出を行うための基礎的な検討を行った。YOLOv5を用いてリフレクタの検出を行ったところ、4, 6角形リフレクタでは検証用データの中から検出を成功させることができた。一方で、9角形リフレクタの検証用データでは、検出を行うことができず、リフレクタを見逃してしまう結果となった。

また、4, 6, 9角形リフレクタのすべての検証用データにおいて、誤検出が発生した。この原因に関しては、前章にて考察を行っているが、誤検出、見逃しを防ぐために、今後以下の2点を行っていく予定である。

- i. 継続的なリフレクタ設置実験の実施によるリフレクタのサンプル数の増加、および学習用データの水増し。
- ii. リフレクタを設置していないSAR画像を取得済みであるため、誤検出が発生した箇所において、時系列で後方散乱係数を比較することによって、リフレクタ設置以前に、そもそも地表に存在していたものであるか検討を行う(リフレクタである場合は、時系列でSAR画像を比較した際、後方散乱係数が急激に増加する)。
- iii. 建物によるレーダーシャドウなどの影響によって、そもそもリフレクタが観測されない箇所を特定することで、YOLOv5を実施する前にデータのスカッシングを行う。

また、本研究では検証用データとして各リフレクタの1サンプルずつのSAR画像を使用した。正確な適合率、再現率、TP,FPの算出のため、検証用データの増加を行い、より精緻な検証を実施する。

参考文献

- 1) 内閣府：熊本地震の対応に関する総評, <http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/h28kumamoto/pdf/shiryu01.pdf>, 2020年11月1日閲覧。
- 2) 北海道庁：北海道胆振東部地震災害検証委員会, <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/300906/kennsyouiinka103/15shiryu4.pdf>, 2020年11月1日閲覧。
- 3) 内閣府：熊本地震を踏まえた応急対策・生活支援策の在り方について(報告書), <http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/h28kumamoto/pdf/h281220hombun.pdf>, 2020年11月1日閲覧。
- 4) 大佛俊泰, 沖拓弥：リアルタイム災害情報収集・共有・活用システムの開発, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 82, No. 739, pp. 2451-2459, 2017.
- 5) 蛭田瑞生, 鶴岡行御, 多田好克：災害情報共有システムの提案, 電子情報通信学会技術研究報告書, 2012-DPS-151, No.2, pp. 1-4, 2012.
- 6) 鄭炳表, 座間信作, 滝澤修, 遠藤真, 柴山明寛：携帯電話を用いた災害時の情報収集システムの開発, 日本地震工学会論文集, Vol. 9, No. 2, pp. 2_102-2_112, 2009.
- 7) 杉井完治, 関沢愛, 岡部弘志, 遠藤真, 座間信作, 新井場公徳：震災直後期における消防機関による実効性のある災害情報収集体制構築の必要性, 地域安全学会論文集, No. 10, pp. 89-96, 2008.
- 8) 森崎裕磨, 藤生慎, 古田竜一, 酒井貴史, 長木雄大, 高山純一, 塩崎由人：人工衛星 SAR 画像を用いた災害時要配慮者が発するニーズ把握手法の提案, 第 60 回土木計画学研究発表会・秋大会, 概要集(CD-ROM)。
- 9) Yang-Lang Chang, Amare Anagaw, Lena Chang, Yi Chun Wang, Chih-Yu Hsiao, Wei-Hong Lee : Ship Detection Based on YOLOv2 for SAR Imagery, *Remote Sens.* 2019, 11(7), 786.
- 10) 三浦弘之, 翠川三郎, 松岡昌志：撮影方向の異なる

高分解能 SAR 画像を用いた建物被害の検出精度の向上に関する研究, 日本地震工学会論文集, Vol. 15, No. 7, pp. 7_390-7_403, 2015.

- 11) 支倉一磨, 郷右近英臣, 越村俊一, 目黒公郎 : L-band 合成開口レーダによる津波被災地の建物被害解析区画決定手法の検討, 地域安全学会論文集, Vol. 29, pp. 47-52, 2016.

- 12) 一般財団法人リモートセンシング技術センター : ASNARO-2, <https://www.restec.or.jp/satellite/asnaro-2>, 2021年3月1日閲覧.

(2009.7.1 受付)