

大規模地震発生直後における要配慮者の 存在位置・ニーズ把握ツールの評価

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 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: takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

突発的に発生する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、同時にきめ細やかな被災者支援の実現も困難を極める。特に災害時要配慮者については、発災後、迅速に位置、ニーズの把握を行い、迅速かつ細やかな支援が実行可能な仕組みの構築が求められている。本研究は、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ー（ターゲット）を開発し、大規模地震災害が発生した直後に、被災者に設置してもらい、その位置情報・ニーズを把握する仕組みの提案を行っている。本分析においては、開発したターゲットの後方散乱係数の差の把握を行うものである。分析の結果、本研究では、底面が直径50cm、高さ25cmのターゲットが望ましく、ターゲットの種類によって後方散乱係数に差が生じることが明らかとなった。

Key Words : large-scale earthquake disaster, satellite SAR images, vulnerable people, needs

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、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。これらが原因となり、災害関連死等も発生するため、地震災害においては要配慮者の人的被害が他の災害と比べ大きい。

2011年東北地方太平洋沖地震後に、安否確認、救助、医療物資の適正配分のため、避難行動要支援者名簿の作成が各自治体に対して義務付けられた。しかし、2016年熊本地震や、2018年北海道胆振東部地震において、名簿を用いた災害対応を行うことが出来なかった報告¹⁾²⁾があり、名簿のみでは、要配慮者を取り巻く多様な状況にカバーできない現状がある。現在では、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、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いる³⁾。特に、我が国の著しい高齢化の進展を考えた際には、災害時要配慮者に含まれる後期高齢者、要介護認定者等の増加は明らかであり、災害時要配慮者の発災後における位置、ニーズの特定を行い、迅速かつ細やかな支援が実行可能な仕組みの構築が求められる。

(2) 本研究の目的

我が国における災害時要配慮者の現状と課題を踏まえ、本研究では、被災者である要介護者に非接触かつ一括的に位置・ニーズが把握可能な手法の提案を行う。

災害時におけるこれまでの情報収集システムに関して、近年では、携帯電話等の情報端末を用い、行われている^{4)・5)・6)}。これらのアプローチに関しては、通信環境の確保、基地局が被災する可能性等の問題を持っている。また、消防団員による巡回のほか、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、空間範囲と精度・確度に課題があるとされている。

本研究においては、本研究では、位置・ニーズ把握のために、合成開口レーダ (SAR) より取得される画像を活用する。なお本研究で使用した SAR 衛星については、3 章にて詳細に記述する。

位置情報・ニーズの把握のためのプロセスとしては、はじめに、SAR衛星にて観測が可能であり、位置情報が特定可能なリフレクター (以下、ターゲット) の開発を行う。その後、被災者のニーズ (考え) をあらかじめ決定しておく。そして、ターゲットの後方散乱係数による差等から、ターゲット間に違いを持たせ、発災後に各被災者が置かれている状況、考え等に対応したターゲットを設置し、SAR衛星によって観測を行うという流れである。本研究では、研究の大目的のための基礎的な検討として、SAR衛星が観測可能なターゲットの開発と、反射強度 (後方散乱係数) による違いが設置ターゲットによって発生するのか把握を行うものである。提案するターゲットの詳細は後述するが、本分析では、15 ケースのターゲットの視認性、後方散乱係数の比較より、位置情報・ニーズ把握ツールとしての適切な大きさ、形状の検討を行っている。

2. 既往研究の整理

本章では、人工衛星 SAR 画像を用いた既往研究として以下の 2 つの視点から整理を行うこととする。

- i. 地震災害時において人工衛星 SAR 画像を活用した研究
- ii. 人工衛星 SAR 画像に反応する反射物 (リフレクター) の作成、提案を行った研究

はじめに、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⁸⁾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⁹⁾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。

次に、人工衛星 SAR 画像に反応する反射物の作成、提案を行った研究について整理を行う。例えば、高橋ら¹⁰⁾、鈴木¹¹⁾の研究がある。これらの研究は、SAR 衛星が認識可能な簡易リフレクターを作成し、地球観測衛星

への興味関心を誘導する内容、また、ターゲットの設置を行うことによって地上絵の作成を行うといった内容である。また、作成しているターゲットは、三角リフレクターや、コーナーリフレクターといった、リモートセンシングの参考書などで見かけるような、いわば基本的な形状をとっている。本研究のように発災後の位置、ニーズ把握を行うための提案ではない点で、本研究とは、根本的な相違が見られる。

以上のように、人工衛星 SAR 画像を活用した研究内容について、2 つの視点から整理を行った。本研究のようにターゲットの開発、提案を行い、地震災害時への活用を試みた研究は存在しない。そして、ターゲットの提案を行った高橋ら¹⁰⁾、鈴木¹¹⁾の研究に関しても、本研究では、災害時の実用性を考え、ターゲットの方向性、小型化を図っている点でも、新規性が見られると考える。

3. 使用する SAR 衛星の諸元と実験概要

本章では、本研究において使用する SAR 衛星の詳細と実験概要、提案するターゲットについて記述する。

(1) SAR 衛星・ASNARO-2 の諸元

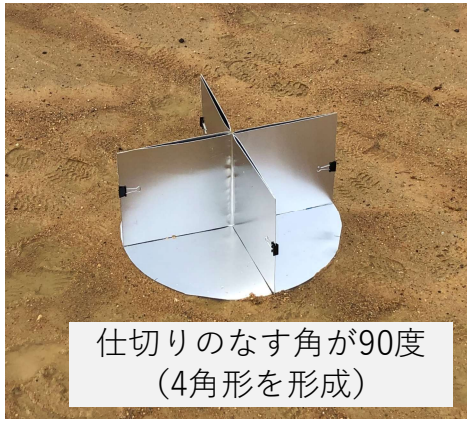
本研究では、NEC が運用する SAR 衛星 ASNARO-2 から取得される衛星画像を用いる。ASNARO-2 に関する基礎情報を表-1 に示す。本研究で用いる分解能は、観測幅 10km、分解能 1m 以下の Spotlight モードで観測された衛星画像である。X バンドの波長で照射されたマイクロ波により観測を行う。

(2) ターゲット視認性実験の概要

前節で述べた ASNARO-2 を用いて、実験を行う。本研究では、研究の大目的のための基礎的な検討として、SAR衛星が観測可能な複数のターゲットの開発と、反射強度を示す後方散乱係数による違いが設置ターゲットに

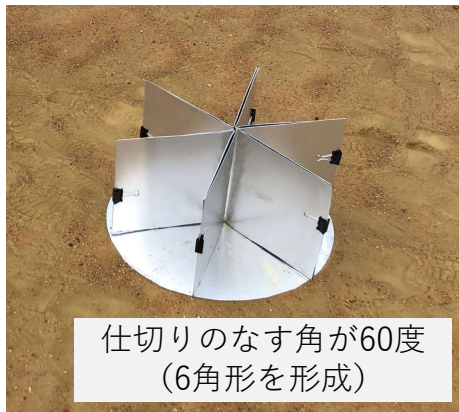
表-1 ASNARO-2 の諸元

運用機関	NEC (NEDO/METI)
打上日	2018年1月17日
観測項目・目的	災害状況把握・国土管理・資源管理など
軌道	太陽同期準帰軌道
高度	505km
回帰	1日 (緊急時日本域)
周期	95分
軌道傾斜角	97.4度
搭載機器/機器タイプ	XSAR (Xバンド合成開口レーダ)
観測幅/分解能	Spotlight 10km/1m
	Stripmap 12km/2m
	ScanSAR 50km/16m
偏波	2偏波 HH/VV



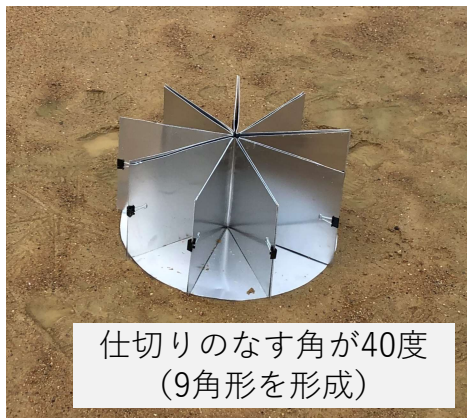
仕切りのなす角が90度
(4角形を形成)

図-1 ターゲットの基本形状.1



仕切りのなす角が60度
(6角形を形成)

図-2 ターゲットの基本形状.2



仕切りのなす角が40度
(9角形を形成)

図-3 ターゲットの基本形状.3

よって発生するのか検証を行う。

本研究において提案を行うターゲットの基本形状を図-1, 図-2, 図-3に示す。各図中からわかるように、基本的な形状として素材をアルミ板とし、底面に円盤を設置し、仕切りのような板で構成されている。そして、仕切りがなす角を変化させる（図中では仕切りのなす角を90度、60度、40度）ことによって形状を変化させている。これは、前述しているように、仕切りの角度によって、SAR衛星が観測する後方散乱係数が異なる（ニーズの差と定義）ことを狙いとしているためである。なお、底面の円盤の半径と仕切り高さが同等になるよう、設定して

表-2 本分析に用いたターゲットの形状一覧

	基本形状1	基本形状2	基本形状3
	4角形	6角形	9角形
円盤直径100cm 仕切り高さ50cm	①	⑥	⑪
円盤直径50cm 仕切り高さ25cm	②	⑦	⑫
円盤直径40cm 仕切り高さ20cm	③	⑧	⑬
円盤直径30cm 仕切り高さ15cm	④	⑨	⑭
円盤直径20cm 仕切り高さ10cm	⑤	⑩	⑮

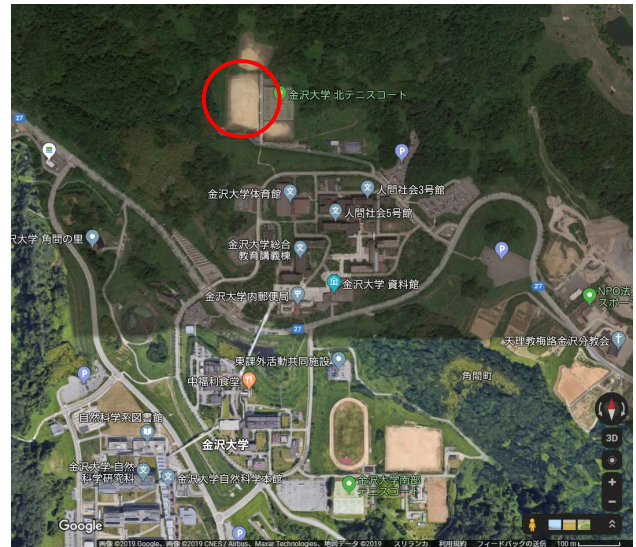


図-4 ターゲットの設置場所 (Google Map より引用)

いる。以上の形状を基本とし、底面の円盤、仕切りの高さを変化させ、ターゲットの大きさによる後方散乱係数の値を把握する。

以上で述べた基本形状に対し、表-2のようにターゲットの大きさを変化させた。基本形状1（以下、4角形ターゲット）、基本形状2（以下、6角形ターゲット）、基本形状3（以下、9角形ターゲット）をもとに、円盤の直径が100cm、仕切りの高さが50cmのターゲットを最大とした。次点で円盤直径50cm、仕切り高さ25cm、その後は表中に示すように円盤直径20cm、仕切り高さ10cmとなるよう、合計15パターンのターゲットを作成した。なお、表-2中に示してある①、②、③…は、実際の設置実験の様子をドローンで撮影した様子、ASNARO-2の観測結果の際に、対応できるように、ナンバリングを行っている。

以上の15パターンのターゲットを作成し、ASNARO-2による観測実験を実施した。ターゲットの設置場所は、金沢大学ラグビー場（図-4）とし、観測日時は2019年9月12日17時00分ごろであった。図-5に、ターゲットの設

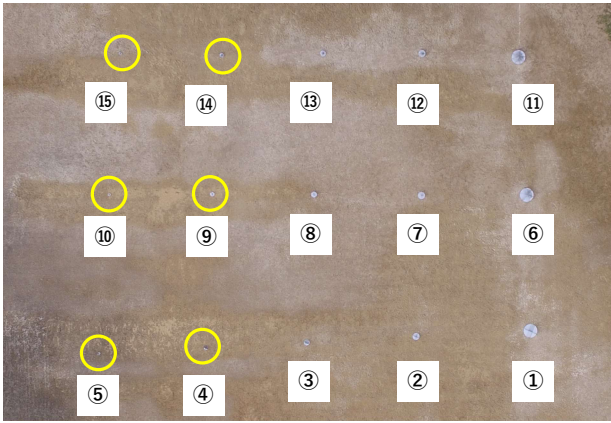


図-5 ドローンを用いて観測した各ターゲットの位置関係

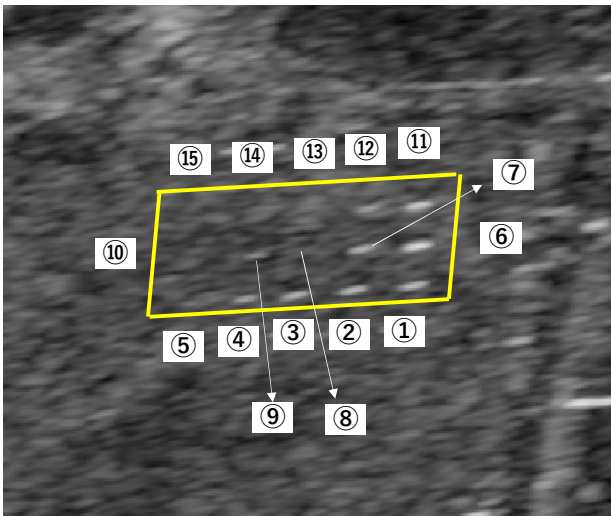


図-6 ターゲット視認性実験の結果

置を行った際の様子およびターゲットの種類的位置関係を示した。図-5中のナンバリングは、表-2中のターゲットの形状の情報、および、後述するASNARO-2による観測結果画像のナンバリングと一致している。

4. ASNARO-2によるターゲット視認実験の結果

(1) ターゲット視認性の確認

以上のターゲットに関して、ASNARO-2による観測を行った結果を図-6に示す。ASNARO-2プロダクトガイド¹²⁾をもとに、後方散乱係数 σ^0 の算出を行い、各ターゲットの反射の強度を把握する。後方散乱係数 σ^0 は、以下の式(1)によって求められる。

$$\sigma^0 = 10 \cdot \log_{10}(I^2 + Q^2) + CF \quad (1)$$

σ^0 : 後方散乱係数 (dB)

I, Q : SARデータの各ピクセル数値量

CF : 校正係数

図-6より、ターゲットの位置が視覚的に把握可能である

表-3 各ターゲットにおける視認性の可否

	基本形状1	基本形状2	基本形状3
	4角形	6角形	9角形
円盤直径100cm 仕切り高さ50cm	○	○	○
円盤直径50cm 仕切り高さ25cm	○	○	○
円盤直径40cm 仕切り高さ20cm	○	×	×
円盤直径30cm 仕切り高さ15cm	○	×	×
円盤直径20cm 仕切り高さ10cm	×	×	×

のは、①、⑥、⑪のターゲット（円盤の直径が100cm、仕切りの高さが50cm）の3パターンと、②、⑦、⑫（円盤の直径が50cm、仕切りの高さが25cm）の3パターンであった。また、その他にも、③（円盤の直径が40cm、仕切りの高さが20cmの4角形ターゲット）、④（円盤の直径が30cm、仕切りの高さが15cmの4角形ターゲット）においても、その視認性が確認できる。一方で、最小のターゲットであった、円盤の直径が20cm、仕切りの高さが10cmの3パターンにおいては、視認性の確認はできなかった。そして、4角形ターゲットでは確認できた、円盤の直径が40cm、円盤の直径が30cmのパターンにおいては、6角形ターゲットと9角形ターゲットの場合では、視認性の確認が難しいと言える。

以上より、本研究で提案を行ったターゲットに関して、形状、大きさを踏まえた視認性の一覧表は、表-2のようになると考えられる。本研究における大きな目的であるニーズの差を生み出すために、仕切りの角度をつけ、ターゲットの開発を行っているが、すべての基本形状（仕切りの角度）でその視認性が確認できた最小の大きさは、「円盤直径50cm、仕切りの高さ25cm」であることが明らかとなった。ゆえに、本研究において提案を行う、要配慮者の位置情報、ニーズ把握ツールの適切な大きさは、発災直後に設置を行うことと、設置者の労力などを考慮した際にも、「円盤直径50cm、仕切りの高さ25cm」であると考えられる。

(2) ターゲット形状と後方散乱係数の比較

前節では、提案するターゲットの大きさの把握を行った。図-6より、ASNARO-2による視認性の観点からは、②、⑦、⑫のターゲットが位置情報・ニーズ把握にふさわしいことが確認されたが、実際に、後方散乱係数に差が生じているのか（ニーズの差としてもよいのか）、定量的に確認を行う必要がある。そこで、図-7に示したように、②、⑦、⑫のターゲットの設置箇所に沿うように、A点からB点までの縦軸を後方散乱係数とした断面図を作成することによって、各ターゲットの後方散乱係数、

およびその差の把握を行う。図-8に、A点からB点までの後方散乱係数の断面図の結果を示す。4角形ターゲットの後方散乱係数が最も大きく、25.032であった。また、次点で6角形ターゲット(23.304)であり、9角形ターゲットが最も低い後方散乱係数を示した(19.220)。このように、視認性だけでなく、後方散乱係数においても、ターゲット間で差が発生していることが明らかとなった。

以上より、基本形状1(以下、4角形ターゲット)、基本形状2(以下、6角形ターゲット)、基本形状3(以下、9角形ターゲット)といった仕切りの角度を変更することによって、発災直後のニーズを把握することの可能性が十分に示唆されたと考える。例えば、4角形ターゲットは、「けがをして動けない」シグナル、6角形ターゲットは、「食料がない」、9角形ターゲットは、「けがの人が近くにいて、助けが必要」といったような決め事をしておき、発災直後に、ニーズに合ったターゲットを設置することによって、位置情報、ニーズを被災地外へ発信することが可能になると考える。

5. まとめと今後の課題

本研究では、被災者である要介護者に非接触かつ一括的に位置・ニーズが把握可能な手法の提案を行うもので

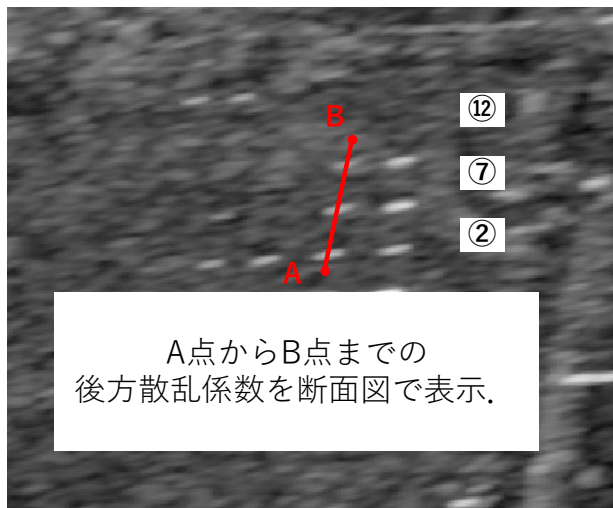


図-7 各ターゲットにおける後方散乱係数差の算出イメージ

ある。研究の大目的のための基礎的な検討として、SAR衛星が観測可能なターゲットの開発と、反射強度(後方散乱係数)による違いが設置ターゲットによって発生するのか把握を行うものである。本分析では、15ケースのターゲットの視認性、後方散乱係数の比較より、位置情報・ニーズ把握ツールとしての適切な大きさ、形状の検討を行っている。本分析を通して、本研究における大きな目的であるニーズの差を生み出すために、仕切りの角度をつけ、ターゲットの開発を行い、すべての基本形状(仕切りの角度)でその視認性が確認できた最小の大きさは、「円盤直径50cm、仕切りの高さ25cm」であることが明らかとなった。また、後方散乱係数の断面図を作成することによって、視認性だけでなく、後方散乱係数においても、ターゲット間で差が発生していることが明らかとなった。

本研究において提案を行うツールは、仕切りの角度によってニーズの差を生み出すことを目指しているが、そのニーズは、仕切りの角度とニーズが1対1で定義されるものではないことが望まれる。本ツールを使用する自治体等が、各地域の特性に合ったニーズを決め、各地域に沿ったニーズの決め事をするこで、柔軟なニーズ把握ツールになり得ると考える。

最後に、今後の課題としては、本研究で提案を行うターゲットの観測可能域をあぶりだすことが必要である。SARによって観測される地表は、建物等に依存し、観測されないエリアも存在するため、ターゲットを設置してもよいエリア、観測不可能なエリアを把握する必要がある。また、本研究では、災害時要配慮者に本ツールを使用していただくことを想定している。したがって、実際に要配慮者の方に設置していただき、設置に対する考案などをヒアリング調査を通して明らかにしていく。

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/shiryo01.pdf>, 2020年3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/kennsyoinkai03/15shiryou4.pdf>, 2020年3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



図-7 各ターゲットにおける後方散乱係数差の算出イメージ

- の在り方について（報告書），
<http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/h28kumamoto/pdf/h281220hombun.pdf>, 2020年3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, p. 2_102-2_112, 2009.
- 7) 杉井完治, 関沢愛, 岡部弘志, 遠藤真, 座間信作, 新井場公德: 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) 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, p.7_390-7_403, 2015.
- 9) 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, p.47-52, 2016.
- 10) 高橋 徹, 臼井 敏夫, 藤島 豊久, 大木 真人, 佐野 博昭, 小定 弘和: 簡易リフレクターによる ALOS-2 の教育活用, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 36, No.4, p.360-366, 2016.
- 11) 鈴木浩之: 地球観測衛星を利用した市民参加型地上絵制作プログラムの開発に関する研究, 金沢美術工芸大学 紀要, No.60, 2016.
- 12) Japan EO-Sats Service : ASNARO-2 ProductGuide, <https://jeoss.co.jp/asnaro2/>, 2020年3月1日閲覧.

EVALUATION OF METHODS OF UNDERSTANDING VULNERABLE PEOPLE'S NEEDS AFTER LARGE SCALE EARTHQUAKE DISASTER USING SATELLITE SAR IMAGE

Yuma MORISAKI, Makoto FUJIIU, Ryoichi FURUTA and Junichi TAKAYAMA

In Japan, large-scale earthquake disasters frequently occur. When a large-scale earthquake disaster occurs, it becomes difficult to collect the victim's needs, and at the same time the realization of detailed support for the victims also becomes difficult. Especially, vulnerable people, for example elderly person, sick person, pregnant, it is necessary to quickly grasp the location information and needs. And efficient system is needed about quick and detailed assistance from third party to vulnerable people. In this research, we propose a method of understanding various vulnerable people's needs and location information using satellite SAR images. In this analysis, as a basic study for understanding location information and needs, we proposed an object with a shape and size that can be recognized by SAR. As a result of experiments and analysis, the object which we proposed was able to be recognized in SAR observation, and we obtained the result that it can be enough for the vulnerable people's signal for understanding the position information and needs. The results of this study can be applied not only Japan but also around the world, and it is possible to improve the collecting information of victims.