

# 人工衛星 SAR 画像を用いた災害時要配慮者が 発するシグナル把握手法の提案

森崎 裕磨<sup>1</sup>・藤生 慎<sup>2</sup>・古田 竜一<sup>3</sup>  
酒井 貴史<sup>4</sup>・長木 雄大<sup>5</sup>・高山 純一<sup>6</sup>・塩崎 由人<sup>7</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

<sup>3</sup>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)

<sup>4</sup>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: bass0418@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>5</sup>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: kazuhiro618@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>6</sup>フェロー 金沢大学教授 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

<sup>7</sup>正会員 金沢大学特任助教 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)  
E-mail: yuto@se.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、合成開口レーダ (SAR) により取得される画像を用い、発災後を想定した際の要配慮者が放つ位置情報、多様なニーズの把握手法の提案を行うものである。本分析では、位置情報、ニーズの把握のための基礎的な検討として、SAR が観測時に認識可能な形状、大きさを持つ設置物の提案を行った。実験および解析の結果、提案した設置物は SAR 観測において認識可能であり要配慮者が放つ位置情報、ニーズ把握のためのシグナルに十分なり得るという成果を得た。

**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<sup>1,2)</sup>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<sup>3)</sup>。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<sup>4)・5)・6)</sup>。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<sup>7)</sup>、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反射物 (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、ターゲットの反射強度による差等から、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、反射強度による違いが設置ターゲットによって発生するのか、様々なターゲットを設置することによって検証を行った。

## 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<sup>8)</sup>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<sup>9)</sup>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<sup>10)</sup>、鈴木<sup>11)</sup>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<sup>10)</sup>、鈴木<sup>11)</sup>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 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。

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	太陽同期準回帰軌道
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

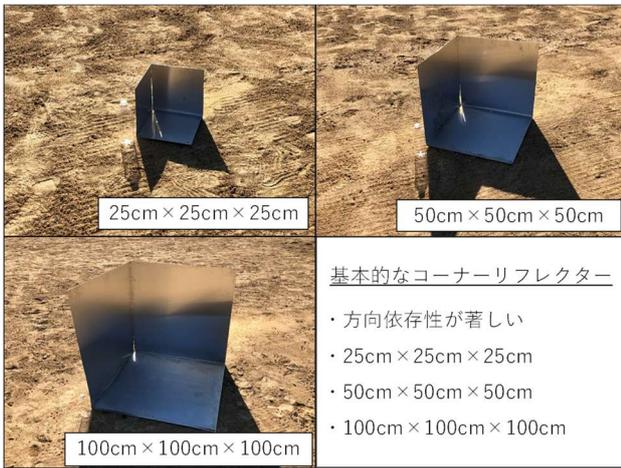


図-1 ターゲット 1 の詳細

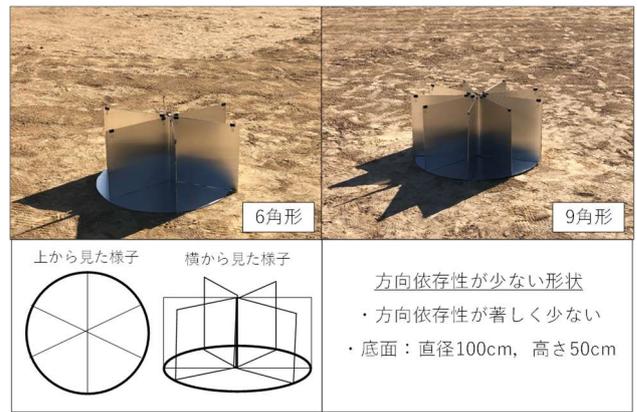


図-3 ターゲット 3 の詳細

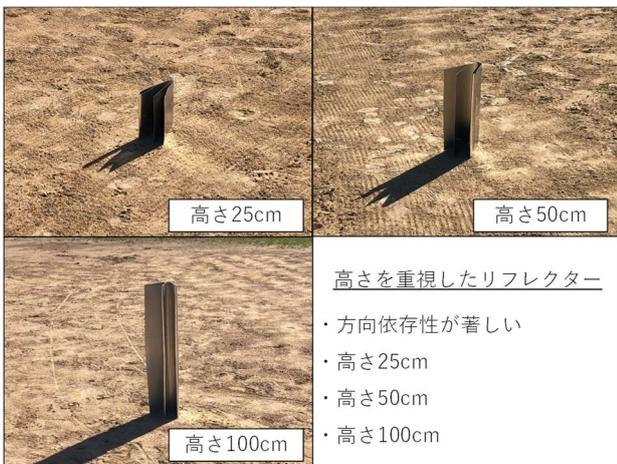


図-2 ターゲット 2 の詳細



図-4 ターゲットの設置場所 (Google Map より引用)

(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 衛星が観測可能なターゲットの開発と、反射強度による違いが設置ターゲットによって発生するのか、様々なターゲットを設置することによって検証を行う。本研究では、3 種類のターゲットを考案し、設置した。考案したターゲットの形状と、大きさ等の情報を図-1~3 に示す。なお、ターゲットの材質は、すべてアルミ板である。図-1 は、リモートセンシングの参考書等にも記載されているレーダー衛星が反応する基本的な構造である (以下、ターゲット 1)。マイクロ波が照射される方角と、ターゲットの向きをある程度一致させる必要があるため、方向依存性が非常に大きい形状である。高さ、幅、奥行きがそれぞれ、25cm、50cm、100cm の立方体の形状をとっている。図-2 は、アルミ板を何度か折り曲げた形状をとっており、「面」の部分が少ない (以下、ターゲット 2)。高さのみに依存した形状となっている。こ

ちらもレーダーが照射される方角と、ターゲットの向きをある程度一致させる必要があるため、方向依存性があると言える。図-3 は、方向依存性がない形状をとっている。底面にアルミの円盤を設置し、その上に、花びらのような仕切りを立てる。その仕切りの間隔 (内角) を 60 度と 40 度とすると、六角形と九角形の「花びら」が形成される (以下、ターゲット 3)。この形状は、代表的なコーナーリフレクターの形状とは異なり、方向依存性が極めて小さいと言える。この形状を考案した経緯としては、災害時において、手軽に使用できるような実用性を求めたことにある。なお、本稿では、ターゲット 1~3 の検討を行っているが、そのほかにも様々な形状の検討を行っている。本稿では、3 つのターゲットのみを対象としている。

以上のターゲットを考案し、ASNARO-2 の観測時に設置を行った。設置場所は、金沢大学ラグビー場 (図-4) とし、ラグビー場を含む範囲を観測する時間帯に設置を行った。観測日は 6 月 25 日であった。また、今回の実験では、ASNARO-2 が放つマイクロ波の入射する角度を

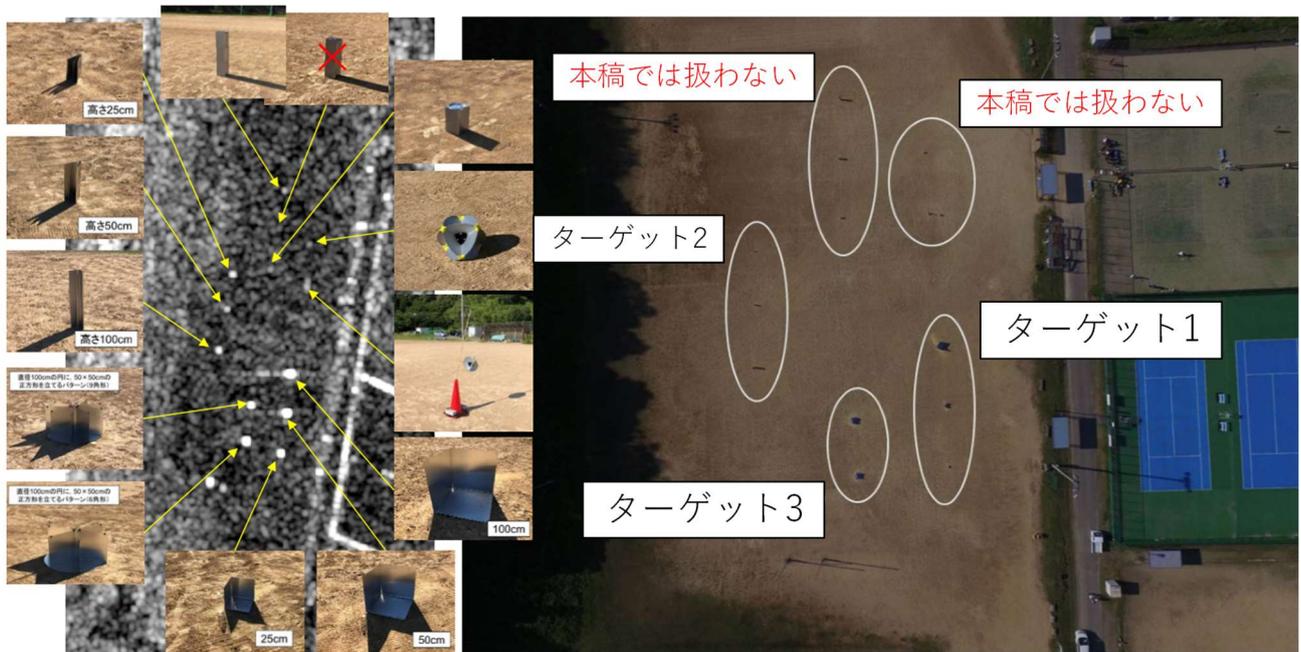


図-5 ターゲットの設置場所 (Google Map より引用)

すべてのターゲットで理想的に配置し、実験を行っている。

#### 4. ターゲット視認性実験の結果

ターゲットの視認性実験を行った結果を図-5 に示す。本稿で扱ったターゲット 1~3 の視認性が確認できていることがわかる。ターゲット 1 では、大きさによって反射の強度が異なっていることがわかる。最小の形状である 25cm×25cm×25cm の形状においてもその視認性が確認できる。また、ターゲット 2 においては、高さによる変化は、視認性の観点からは見られなかった。しかし、最小の高さである 25cm の形状についても視認性の確認ができた。最後に、ターゲット 3 についても、6 角形、9 角形の形状ともに視認性が確認できた。

以上のように、本研究においては、ASNARO-2 を用いて、考案したターゲットの視認性確認実験を実施した。理想的な入射角の環境下の結果、ターゲット 1, 2 においては、最小の 25cm 程度のターゲットの視認性が確認できた。また、方向の依存性が少ないと考えられるターゲット 3 についても、その視認性が確認できたが、今回の実験では、精密な方向依存性の有無にかかわる検証、実用化を考えた際の大きさの検証は行われていない。したがって、ターゲット 3 については、さらなる実験が必須であると考ええる。

#### 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ある。本分析においては、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、反射強度による違いが設置ターゲットによって発生するのか、様々なターゲットを設置することによって検証を行った。検証の結果、提案を行ったターゲット全ての視認性が確認された。しかし、災害時における活用を考えた際には、やはり、衛星のマイクロ波の入射角が無視されるような形状が望ましいと考えるため、ターゲット 3 の形状が適していると考える。本稿では様々な形状にて実験を行ったが、今後の課題としては、ターゲット 3 の実用化に向けた実験を行っていく必要がある。また、本研究では、要配慮者の位置、ニーズの把握を行うことが大目標であるため、小型化を行うことは必須であり、ニーズ把握についても安易に行えるような工夫が必要である。

#### 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/shiryo01.pdf>, 2019年8月10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/kennsy-ouiinkai03/15shiryoyou4.pdf>, 2019年8月10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.bou->

- sai.go.jp/updates/h280414jishin/h28kuma-moto/pdf/h281220hombun.pdf, 2019年8月10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) 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.

## BASIC ANALYSIS OF METHODOLOGY OF VULNERABLE PEOPLE'S SIGNAL USING SATELLITE SAR IMAGES

Yuma MORISAKI, Makoto FUJIU, Ryoichi FURUTA, Takashi SAKAI, Kazuhiro NAGAKI and Junichi TAKAYAMA