

# 衛星 SAR の常時解析による市街地変化検出の試行

## A Trial of Urban Area Change Detection by Constant Analysis of Satellite SAR

○阪田 知彦\*<sup>1</sup>  
Tomohiko SAKATA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 国立研究開発法人建築研究所 住宅・都市研究グループ 主任研究員 博士（工学）  
Senior Research Engineer, Department of Housing and Urban Planning, Building Research Institute, Dr Eng..

キーワード：衛星 SAR; 常時解析; 市街地変化.

Keywords: Satellite SAR; Constant Analysis; Urban Area Change

### 1. はじめに

本稿は、衛星合成開口レーダー（Satellite Synthetic Aperture Radar; SAR. 以下、衛星 SAR）により市街地の変化を捉える（検出する）試みについての報告である。

既存の言説を持って来るまでもなく、「市街地は常に変化をしている」ものである。それは、いわゆる区画形質の変更にとどまらず、建物の更新（除却と建築）、人の動き、住居や商業の立地・撤退等、様々な要因をひっくるめての変化である。従来は、こうした変化はある周期で行われる統計データを利用した時系列分析か、都市計画基礎調査の一環で行われる土地・建物利用現況調査データを活用した分析など、ある一定の周期で行われた調査から得たデータに基づくことが多い。こうした統計データの多くは、年単位での周期で行われることが多く、調査頻度を増やせば、それだけ費用や手間が増大するという問題がある。

一方で、リモート・センシング技術による市街地の変化を解析する試みの多くは、土地被覆の変化、つまり人工物か自然物かの区分が多く、大域的に陸地の変化を捉えるには、こうした方法は一度に広範囲のデータを取得でき、解析することが可能であるという点で、実用的であるといつて良いだろう。近年の研究動向からは、自然物の区分を草地か裸地、水面、林地などに区分する試みが散見されるようになってきているが、市街地の変化ということ捉えているのかについては、まだまだ議論が少ないと思われる。

しかし、近年リモート・センシング技術、特に観測衛星についての技術が向上し、様々なデータが取得できるようになってきた。観測衛星とひとくちにいても、その観測方法により可視光衛星、合成開口レーダー（SAR）等に区分できる。前者は、いわゆるデジタルカメラを同



図1 衛星 SAR の原理

様の原理で、太陽光を高原としてその反射を計測するタイプのセンサーを搭載した衛星である。後者は、自己が発するマイクロ波の跳ね返りを計測するタイプのセンサーである。前者は、曇りや夜間の観測はできないが、後者は荒天や夜間でも観測できるという大きな違い等が特徴としてある。この研究では、後者の衛星 SAR データに着目した。

今一度、衛星 SAR データの原理を示したのが図1である。単純に言えば、自身からマイクロ波を地上に対して斜めに照射し、その跳ね返り（後方散乱）を検出するのである（図1）。つまり、地上に対して斜めに照射することにより、水平的な変動だけでなく、鉛直的な変動も同時に観測していることになる。本質的には、水平成分と鉛直成分が混合していることから、解析の難易度が高くなる傾向にある。さらに、搭載するセンサーのバンドにより、地表面の観測に適して対象物の傾向が異なる（表1）。現在運用中の衛星によっても、搭載しているセンサ

表1 SARのセンサーのバンドの違い

	Lバンド	Cバンド	Xバンド
衛星例	ALOS,ALOS-2	Sentinel-1	TerraSAR COSMO-Skymed
観測周波数	1~2GHz	4~8GHz	8~12GHz
対応波長	150-300mm	37.5-75mm	25-37.5mm
解像度	粗い ←		細かい →
透過性	大きい ←		小さい →
観測に適した対象物	自然物 ←		人工物 →

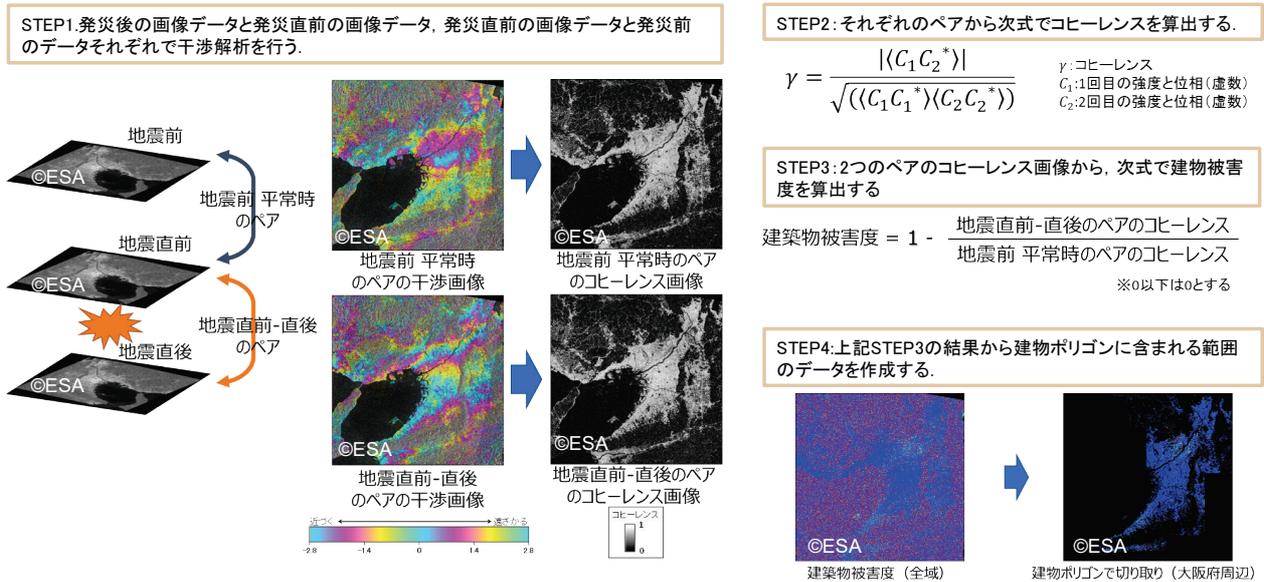


図2 3時期コヒーレンスを用いた大地震後の建物被害検出の処理フロー (阪田他: 2019, より引用)

一のバンドが異なる。

今回は、基本となる解析手法として、3 時期の衛星 SAR データを元にした 3 時期コヒーレンスを元にしたこととした(次章で詳説する)。使用するデータの時期数は様々あるが、多くの研究が災害時の変化を検出することを目的としていることが多く、筆者も建物被害が集中している地域を抽出する目的で用いている(図2)1)。

## 2. 解析手法

### 2.1.3 時期コヒーレンス

3 時期コヒーレンスの処理方法を、建物被害検出を例として示したのが図2である。

まず、今回の解析では、3 時点の SAR 画像が必要である。同じ軌道(同じパス番号)で取得されたデータで、観測範囲が同じであり、観測に用いた電波のバンドや偏波も同じである必要がある。被害解析のような場合は、1 つは発災後に観測されたもの、もう 1 つは発災時点に近い発災直前の観測データ、そしてそれよりも前の発災

前の観測データの 3 つである。平常時の市街地変化を捉える場合は、発災前後といった概念はなくてよくなる。以降では、この 3 時期のデータから、2 つのペアを考えることになる。

解析では、まずそれぞれのペアで干渉解析を行う。素の SAR 画像は、位相情報を持ち、2 時点の位相差を表現するための処理だと言え。一般的には、差があり、衛星に近づく変化であればマイナス方向に、衛星から遠ざかる変化であればプラス方向に表現される。

さらに干渉している度合を表す干渉性(コヒーレンス)画像を生成する。コヒーレンスは図2中の右上の式で算出される数値で、0 から 1 の値を取り、ペアの画像間での強度と位相の相関が高ければ、すなわちペアでの変化があまり無い場合は、1 に近づく傾向がある。

このコヒーレンスの性質を利用して、2 つのペアのコヒーレンスの差異を計算することで、地表物に変化があった箇所であると判断する指標として利用できると考えられる。ここで、比をとるか、差をとるかはその解析の

目的によって異なるとも思われるが、この研究では、比を取って1から引いた値が大きいものは、変化が大きいと表現することにした。

## 2.2. システム化

前節での一連の処理は、衛星画像処理ソフトウェアやGISを用いても可能だが、逐一行うのは手間がかかるため、システム化することにした。各処理の流れを再整理した上で、対応する衛星が追加する場合や仕様変更になった場合でも最低限での改修で済む設計とした。

現在、このシステムは、ワークステーションを3台使ってオンプレミス環境下で常時解析を行っている。常時解析では、日本全国を8地域(図3)に分けて、ESA(European Space Agency:欧州宇宙機関)が運用するSentinel-1(図4)の観測状況の監視を行い、新たな観測データが見つかった場合はこれらをダウンロードし、一連の処理を行うようにしている。また、同機関が後悔している過去の観測データのアーカイブをダウンロードする機能も有している。

## 3. 市街地変化検出への応用と試行例

### 3.1. 市街地の変化検出への応用

前章での一連の処理やシステム化については、地震後の被害状況把握の目的で構築したものである。これを平常時に応用することができないかを検討したが、本研究である。

具体的には、図2のSTEP3とSTEP4の改良が検討の対象となる。前述の通り、STEP3の2つのコヒーレンスの差分をとる箇所は、比をとるか、差をとるかはその解析の目的によって異なると考えられるが、原理的に比をとった方が、後の数値の解釈が容易だということから、前述と同じように2つのコヒーレンスの比をとって、それを1から引くことにした。

次に、STEP4については、従来は基板地図情報で瀬美された建物ポリゴンでフィルターをかける処理を行っていたが、本研究では街区等のポリゴンでフィルターをかけることにした。

その他、観測間隔についても、従来の前周期、前々周期ではなく、2周期以上離れた場合の方が結果の解釈が容易になる可能性もあることから、2周期から50周期までの観測間隔のシミュレーションを行っている。

### 3.2. 試行例

現段階では、前節で述べた方針でのプログラムの実装が完了していないので、図2と同じ条件で平常時のSARデータを元に解析した事例を図5に示す。

対象領域は、つくば市付近である。観測時期は、2021

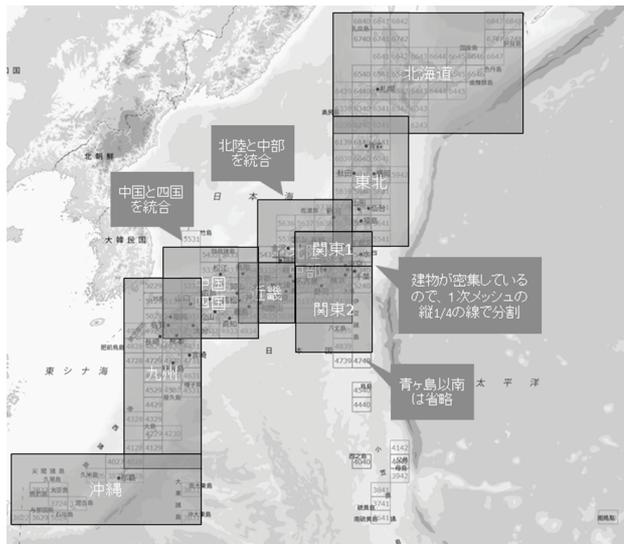


図3 対象領域



図4 Sentinel-1



図5 試行例

年10月から11月である。

全体的に赤色(変化大)の地点が点のように分布しているように見えるが、概ね1ヶ月程度であると、あまり変化は見られないことがわかる。ただ、局所的には変化している箇所が連担している場所も見られる。これらがなにによってもたらされているかについては、表現方法を含め、さらに吟味する余地がある。

#### 4. まとめと課題

以上、衛星 SAR により市街地の変化を捉える（検出する）試みについて、既存技術も交えて、検討中の概要を報告した。

市街地の変化という問題は衛星データだけで把握できるものではないことはいまでもないが、様々なデータを活用すること自体は、定量的な市街地の状態や変化を捉える手法や技術の向上のためには必要なことであると考えている。まだ短期間での実証にとどまっていることから、今後も試行を継続し、実用性を高めて行きたいと考えている。それらの進捗状況や成果については、機会を改めて報告したい。

---

#### 【参考文献】

- 1) 阪田知彦, 佐藤匠, 本田謙一, 引地慶多: 複数の衛星 SAR による建築物被害に関する解析事例の蓄積, 地域安全学会発表梗概集, vol. 45, pp47-50, 2019.