

## 2 時期の TerraSAR-X 画像を用いた都市変化の抽出

千葉大学 ○リュウ・ウエン, 山崎文雄

### 1. はじめに

都市開発やインフラ整備によって, 東京などの大都市は日々変化している. 一方, 合成開口レーダー(SAR)は技術の進歩により, 高解像度画像(約 1m)が得られるようになった. SAR は天候に左右されず観測でき, 3次元情報も得られるため, 都市の変化を把握するには有効な手段である.

本研究では松岡・山崎[1]が提案した 2 時期 SAR 強度画像からの建物被害地域の検出手法を改良し, 東京都中心部を撮影した 2 時期の TerraSAR-X 画像を用いて変化域抽出を試みる. また, QuickBird (QB)画像と航空写真を用いて変化域の検証を行う.

### 2. 使用するデータ

本研究で用いる 2 時期の TerraSAR-X 画像は, 2008 年 5 月 24 日と 2009 年 11 月 24 日に東京の中心部を撮影したものである(図 1). 撮影モードは StripMap で, 空間分解能は約 3.3m である. 2 つの画像とも Descending 軌道より HH 単偏波で撮影されている. 入射角は  $42.8^\circ$  である. Enhanced Ellipsoid Corrected (EEC)処理後, 1.25m/pixel の解像度に変更されている. また, 検証データとして 2007 年 3 月 20 日に撮影された QB 画像と 2009 年 4 月に撮影された豊洲エリアの航空写真を使用する. パンシャーペン後の QB 衛星画像の空間分解能は 0.6m であり, 航空写真の空間分解能が 0.25m である.

画像の前処理として, 4 枚画像の位置補正, SAR 画像における後方散乱強度の変更とスペックルノイズの除去を行った. TerraSAR-X 画像を基準とし, 8 ポイントの基準点による光学画像(QB 衛星と航空写真)の位置補正を行った. その後, 光学画像の解像度は 1.25m となった. さらに 2 枚の SAR 画像を, Digital Number からグランドレンジの後方散乱強度を表す Sigma Naught へ変換した[2]. SAR 画像におけるスペックルノイズは Lee Filter[3]により除去し,用いるウインドウサイズは建物の大きさを考慮し,  $9 \times 9$  ピクセル( $11.25 \times 11.25m^2$ )と設定した.

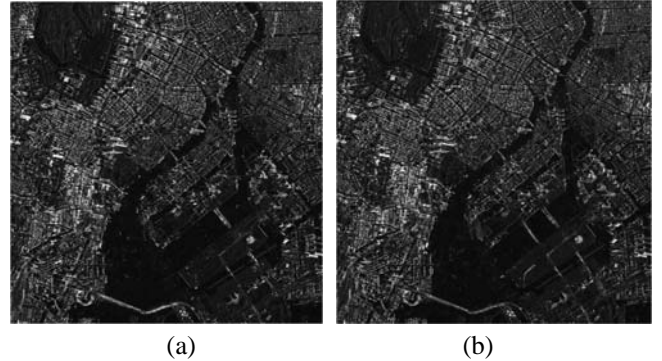


図 1. 東京中心部を撮影した 2008 年 5 月 24 日(a)と 2009 年 11 月 24 日(b)の TerraSAR-X 画像.

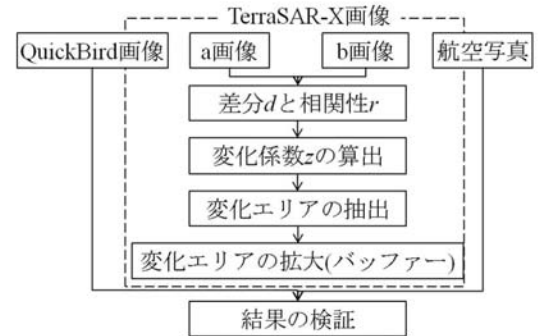


図 2. 本研究の流れ

### 3. 抽出手法と結果

本研究では 2 時期の TerraSAR-X 強度画像から差分と相関性を算出し, それらを総合した変化係数により都市の変化を抽出する手法を提案する. 2 時期の SAR 画像を用いた変化抽出の流れを図 2 に示す.

まず, 2 時期の画像から式(1), (2)より, 後方散乱強度の差分( $d$ )と相関性( $r$ )を計算する[1].

$$d = \bar{I}a_i - \bar{I}b_i \quad (1)$$

$$r = \frac{N \sum_{i=1}^N I a_i I b_i - \sum_{i=1}^N I a_i \sum_{i=1}^N I b_i}{\sqrt{\left( N \sum_{i=1}^N I a_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N I a_i \right)^2 \right) \cdot \left( N \sum_{i=1}^N I b_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N I b_i \right)^2 \right)}} \quad (2)$$

ここで,  $I a_i$  と  $I b_i$  は a 画像と b 画像の  $i$  番目におけるピクセル値,  $N$  は計算するウインドウのピクセル数を表す.  $\bar{I}a_i$  と  $\bar{I}b_i$  はウインドウ内の平均値を表す. ここにも  $9 \times 9$  ピクセルのウインドウを用いた.

差分と相関, それぞれから変化エリアの抽出を行

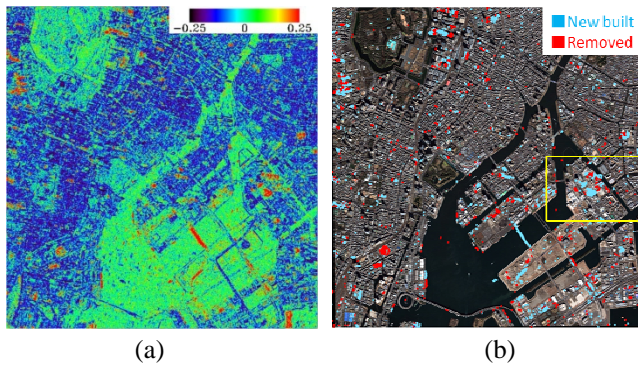


図3. 差分と相関から算出した変化係数 $z$ (a)と抽出した変化エリアを QuickBird 画像に重ねた結果(b).

ったが、同一対象物に対して抽出したエリアのズレが生じた。そのため、本研究では差分と相関の重みつき線形式(3)を用いた変化を表す係数 $z$ を導入した。

$$z = \frac{|d|}{\max(|d|)} - c \cdot r \quad (3)$$

ここで、 $c$ は差分と相関の重みを表す。 $z$ が大きいほど2時期の画像における後方散乱強度の変化が大きい。相関が差分により変化の感度が高いため、本研究では $c$ を0.25に設定した。東京中心部の2時期 SAR 画像により算出した係数 $z$ を図3(a)に示す。

変化係数 $z$ により閾値を用いて都市変換の抽出を行った。閾値は、 $z$ のヒストグラムより算出した平均値( $\mu=-0.04$ )プラス2倍の標準偏差( $\sigma=0.12$ )から求めた。 $z$ が0.20以上の部分を変化エリアとして抽出した。抽出した結果は、算出されていた差分をもとにマイナスとプラスの変化に分けた。マイナスの変化は、後方散乱強度が弱くなることを示し、撤去される建物などを表す。プラスの変化は、後方散乱強度が強くなり、新築した建物などを表す。

また、差分と相関性を算出するときウインドウを使用したため、抽出した変化エリアが実際より小さくなった。より正確的に変化エリアを抽出するため、抽出結果を用いてバッファゾーンを作成した。抽出結果から距離が4.5ピクセル以内のエリアがすべて変化エリアに見なす。それによって抽出された結果をQB画像に重ねて図3(b)に示す。

#### 4. 抽出結果の検証と考察

2時期の TerraSAR-X 画像を用いた変化抽出の結果を評価するために、2007年のQB画像と2009年に撮影された豊洲周辺の航空写真を用いて目視による比較を行った。豊洲は新開発地域であるため、新しい

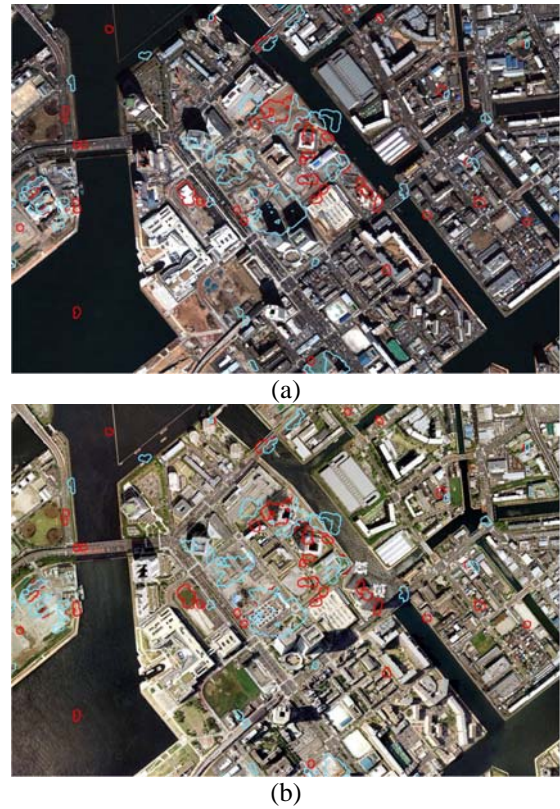


図4. 抽出した結果を2007年の QuickBird 画像(a)と2009年の航空写真(b)に重ねた結果。

建設事業が多くあり、変化が激しい。SAR画像より抽出した変化域の輪郭を光学画像に重ねた結果を図4に示す。SAR画像のレイオーバーや光学画像の撮影角度によって抽出したエリアと変化した建物の位置に多少ズレが生じているが、目視による比較では光学画像における変化した建物は2時期の TerraSAR-X 画像からほとんど抽出することができた。

#### 5. まとめ

本研究では2時期の TerraSAR-X 画像を用いて、差分と相関により東京中心部の変換抽出を行った。その結果を2時期の光学画像と比較し、ほとんどの変化を抽出することができた。今後は、抽出手法の改善と地上データを用いた精度評価を行う予定である。

#### 謝辞

本研究で使用した TerraSAR-X データは SAR 技術応用研究会を通して(株)パスコより提供頂いた。記して謝辞を表す。

#### 参考文献

- [1] 松岡昌志, 山崎文雄: 1995年兵庫県南部地震での建物被害地域における人工衛星 SAR 強度画像の特徴, 日本建築学会構造系論文集, No.546, pp.55-61, 2001.
- [2] Infoterra: Radiometric Calibration of TerraSAR-X Data: Beta Naught and Sigma Naught Coefficient Calculation.
- [3] Lee, J.S.: Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.PAMI-2, No.2, pp.165-168, 1980.