

## 多偏波 SAR 画像を用いた都市密度の推定と多都市間での比較

京都大学 正会員 ○須崎 純一  
京都大学 学生会員 岸本 将明

### 1. 目的

高層建築物の建設に伴う都市空間の高密度化は周辺地域に急激な変化をもたらし、インフラの整備不足やヒートアイランド現象などの問題を引き起こす。このような問題を解決する際、もしくは将来発生する地域を予測する際に、都市構造を把握することは重要である。都市構造を把握するための指標の一つに建物の集積度を反映した都市密度が挙げられる。例えば建蔽率や容積率は都市密度に該当する指標と言え、都市に関する解析で幅広く用いられている [1]。しかしながら、これらは高価な GIS データから求められることが多く、また海外への応用を念頭に置くと、比較的安価な衛星画像からの推定が望ましい。筆者らは、多偏波 SAR (Synthetic Aperture Radar) データを用いた一都市内での相対的な都市密度推定手法[2]を確立した後に、多都市間で比較できる絶対都市密度推定[3]を確立した。本論文では、その絶対都市密度推定手法を報告する。

### 2. 対象地域と使用データ

2006 年 1 月 24 日に宇宙航空研究開発機構 (JAXA) により打ち上げられた ALOS (Advanced Land Observing Satellite) に搭載された PALSAR (Phased Array type L-band SAR) のフルポラリメトリモード (四偏波観測モード) によって観測された国内外 17 都市のデータを用いる。本研究では生データにレンジ圧縮及びシングルルックアジマス圧縮が施されているレベル 1.1 データを使用した。軌道はすべてアセンディング軌道で、オフナディア角 (衛星鉛直直下と衛星のレーダ照射方向のなす角度) は全て  $21.5^\circ$  である。本研究では計算過程でアジマス方向を 1/8 に圧縮するように 8 ルックのマルチルッキング処理を施した。

また、精度検証用データとして同じく ALOS に搭載された AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) と Zmap-TOWN II (ゼンリン社) を用いた。

### 3. 都市密度推定手法

都市密度推定手順を図 1 に示す。まず PolSAR データから POA (Polarization Orientation Angle) を計算する。その計算した POA と PolSAR データから四成分分解を行う。そして、体積散乱と全電力を用いた分類により都市域と山地を推定し、POA のランダム性を利用した分類を用いて都市域を抽出する[4]。その後、抽出した都市域内で均一な POA に属する区画の抽出を行い、次に各 POA スペースにおける散乱強度を全都市共通の平均・標準偏差を用いた正規化を行うことで絶対都市密度を推定する。本研究では  $P_v$  と  $P_c$  を足し合わせたものから都市密度を推定した。

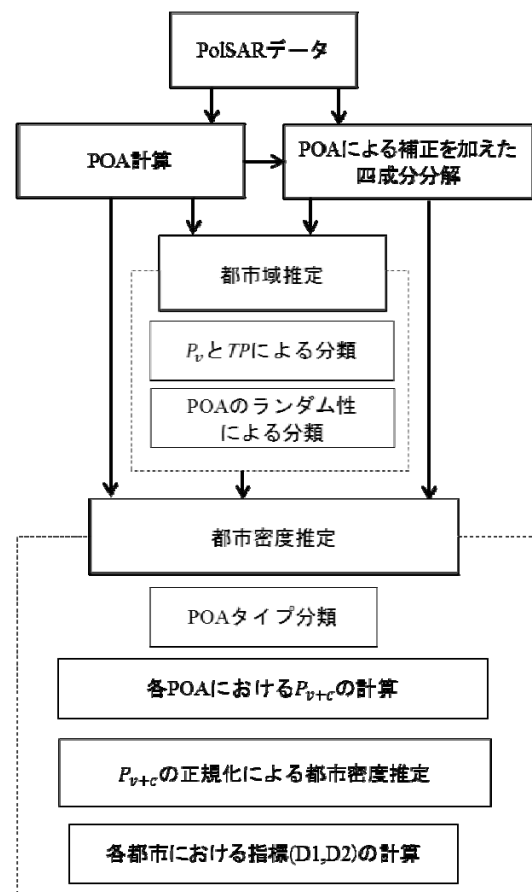


図 1：都市密度推定のフローチャート

キーワード 都市密度, 衛星画像, 多偏波 SAR, メガシティ

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 075-383-3300

#### 4. 結果と考察

UTM 投影法で作成した都市密度の推定結果例を図2に示す。この推定結果をよりわかりやすく都市間で比較するために局所的な都市密度の集中度を表す指標 ( $D_1$ )と広範囲での都市密度の分布の偏りを表す指標 ( $D_2$ )を作った。 $D_1$ は自動で抽出した都市の中心部の都市域のみの都市密度平均の値とした。 $D_2$ は抽出した中心部を含むより広範囲での歪度の値とした。 $D_1$ の値が大きければ都市の中心部が高密度であり小さければ低密度、また  $D_2$ の値が大きければ都市の広がり局所的で小さければ比較的均一な都市が広がっていると考えた。

$D_1 \cdot D_2$  は共に設定範囲によって値が変動する。本研究ではその変動の様子が都市構造の把握に応用できると考えて、各々2種類の値を設定した( $D_1$ : 2.5 km×2.5 km, 5 km×5 km,  $D_2$ : 10 km×10 km, 20 km×20 km)。紙面の都合上、1種類の  $D_1 \cdot D_2$  の散布図のみを図3に示す。図2からは、シドニーとメルボルンの都市構造は類似していることが確認できる。多都市間で都市密度を比較した図3においても、両者は近い場所に位置していることがわかる。また異なる空間スケールで得られる2つの散布図間の変動から、都市構造の類似性を把握できることが判明した。

#### 5. まとめ

本研究では、一都市内での相対的な都市密度推定手法を改良して、多偏波 SAR データを用いた多都市間で比較できる絶対都市密度推定手法を開発し、世界のメガシティへ適用した。また得られた結果を2次元の統計指標に変換することで、都市構造の比較を試みた。提案手法の推定精度は良好であり、また2次元指標空間への変換を通じて多都市間の構造の類似性、独自性を検討することが可能になった。今回はオフナディア角 21.5° のデータのみを使用した。21.5° 以外のデータしかない地域もあるため、今後は様々なデータへの適用可能性を検証する必要があると言える。

#### 参考文献

- 1) 田中耕市, “地理空間情報を活用した都市密度推定指標の確立 - 東京大都市圏を事例として -”, 平成 22 年度国土政策関係研究支援事業 研究成果報告書, 2011.
- 2) M. Kajimoto and J. Susaki, “Urban density estimation from polarimetric SAR images based on a POA correction method”. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 6, 1418-1429, 2013.
- 3) J. Susaki, M. Kajimoto and M. Kishimoto, “Urban density mapping of global megacities from polarimetric SAR images”, Remote Sensing of Environment, vol. 155, pp. 334-348, 2014.
- 4) M. Kajimoto and J. Susaki, “Urban area extraction from polarimetric SAR images using polarization orientation angle”, IEEE Geoscience Remote Sensing Letters, vol. 10, no. 2, pp. 337-341, 2013.

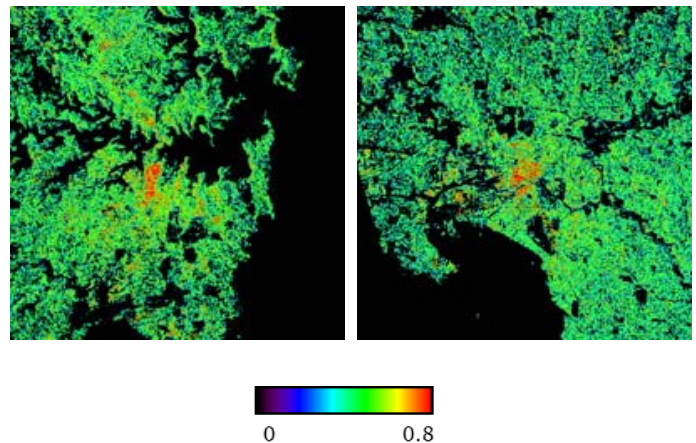


図2 : 20 km×20 km の範囲での推定都市密度。  
(左) シドニー, (右) メルボルン

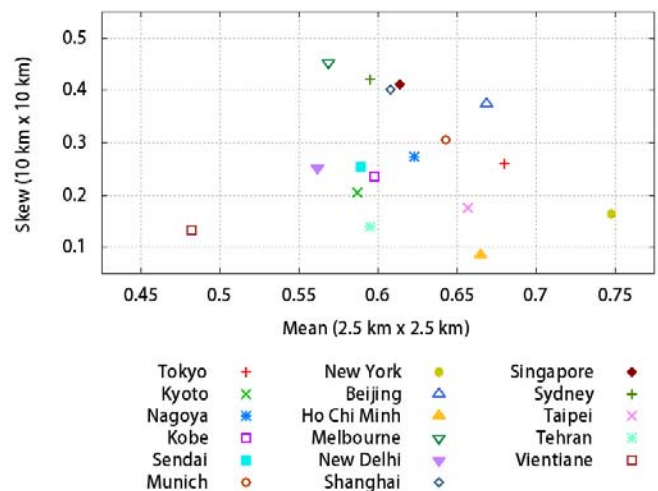


図3 : 多都市間の都市密度の相互比較