

第Ⅶ部門

衛星夜間光データを用いた東南アジアの都市の動態評価

名古屋大学工学部 学生会員 ○西尾文吾

名古屋大学大学院環境学研究科 学生会員 黒田将平 正会員 奥岡桂次郎, 谷川寛樹

1. はじめに

United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division (2014)によると, 2050 年までに全世界で都市人口割合が 66%を超え, 都市人口が 63 億人に達すると予測されている. 都市人口の増加により, 早急な社会基盤の整備が要求される. 無秩序な都市の拡大は, 資源の無計画な大量消費によって, 資源の枯渇や環境負荷の増大に拍車を掛けるため, 資源の効率利用が必要となる. 世界中に蓄積されている資源蓄積の分布や都市の動態を把握する手法を確立することが重要である.

マテリアルストックフロー勘定/分析(MSFA: Material Stock Flow Accounting/Analysis)が有効な手段であるが, MSFA では, 主に行政界単位で集計された統計データをもとに資源の蓄積・投入・廃棄量を分析するため, 都市の動態に応じた集計結果を分析の基盤データとして用いることが困難である. また, 統計データの基盤データの整備が十分でない途上国では, 都市の動態を把握することが困難である. そのため人為的バイアスによらない, 全世界を対象にした普遍性の高いデータを用いた都市圏の抽出が必要となる. 世界全体で普遍性の高いデータとしてリモートセンシングを用いた都市の抽出が行われて来た. 中谷(2006)は衛星夜間光データを用いて, 人間活動の活動領域や経済活動の活動量などを直接的に把握することが可能であることを示した. Elvidge *et al.* (1999)は, アメリカで衛星夜間光データを用いて人間活動域の抽出方法を検討した. 既往研究では衛星夜間光データから人間活動域を把握することを可能にしたが, 時系列での都市の動態を示すには至っていない. また, 衛星夜間光データは全世界で同一尺度で観測することができるため, 統計データの整っていない途上国での適用が求められる. 本研究では, 対象地域を東南アジアの4都市(バンコク, ホーチミン, プノンペン, ヤンゴン)周辺とし, 衛星夜

間光データを用いて, 時系列での都市域の抽出, 人間活動量の多い都市クラスターの抽出を行い, 都市の動態を示す.

2. 検証方法

2.1 使用データ

DMSP/OLS(防衛気象衛星計画高感度可視近赤外線センサ)を用いて観測された DMSP/OLS 夜間地上光画像データ(以下衛星夜間光とする)を基盤データとして使用した. 衛星夜間光データは, 受動型センサを用いて, 主に地上から放射される光を感知し, 輝度を解像度ごとに 0-63 の DN 値(Digital Number)として記録したデータである. 主に大都市では, 輝度の観測上限に達する飽和現象が発生するため, 正しい輝度の測定が困難である. 本研究では, NOAA/NGDC による, 異なる感度のセンサを組み合わせることで飽和現象の生じない 1996 年, 2000 年, 2006 年, 2010 年の放射輝度更正データを使用した.

2.2 都市域の抽出

GIS(地理情報システム)の流域の抽出を応用し, 衛星夜間光データから都市域の抽出を行った. 都市は地理的連続性を持ち, 都市の中心から離れるほど人間活動量が小さくなり, 都市間には輝度の極小値が表れる. 衛星夜間光データの輝度に-1 を乗じ, 流域の抽出と同様の手法を行うことで, 夜間光の極小となる境界で分けることが可能であり, 都市域の抽出を行った.

2.3 都市クラスターの抽出

衛星夜間光データに対し, クラスタ外れ値分析することで人間活動量の大きい都市クラスターを抽出し, 経年での分析を行った.

クラスタ外れ値分析は空間において統計的な関連性を評価する手法であり, 高い値を持つ統計的に有位なクラスター(HH), 低い値を持つクラスター(LL), 高い値が低い値に囲まれているクラスター(HL), 低い値が高い値

に囲まれているクラスタ(LH)に分類することができる。本研究では、HH を輝度が高く、空間的に統計的関連性を持つ都市クラスタとして抽出した。

3. 結果と考察

図-1 にタイの 1996 年と 2010 年の都市域の抽出結果を示す。都市域は道路網に沿って形成され、1996 年から 2010 年にかけて都市域の数が 1222 から 1674 に増加し、新たな都市の発生が見られた。中心地であるバンコク周辺は都市域の変化は少ないが、バンコクより 100 から 200km に位置する輝度の大きい都市域の周りに新たな都市域が出現し、国全体の発展を視覚的に評価できた。

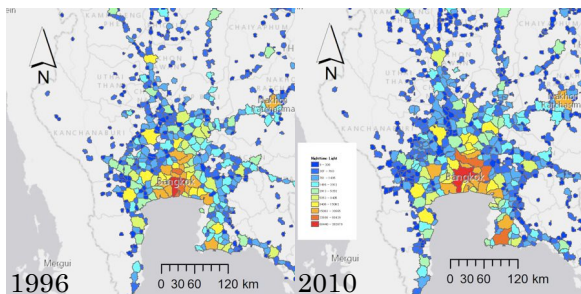


図-1 タイにおける都市域の抽出

図-2 にそれぞれ 1996, 2000, 2006, 2010 年のバンコク周辺のクラスタ分析の結果を示す。1996 年から 2010 年にかけてバンコクを中心に都市クラスタが拡大している結果となった。2000 年には、都市クラスタが西側に線状に伸び、別の都市圏を形成していたナコーンパトムを組み込み、一つの都市クラスタとなった。2006 年には、都市クラスタが北部に伸びアユタユを組み込み、2010 年には、タイランド湾にそって南部に伸びラヨーンを組み込み都市クラスタが拡大した。バンコクを中心に別の都市圏であった都市が都市クラスタに組み込まれ、階層性を持った都市圏として拡大していることが示された。

図-3 に対象地域の都市クラスタの面積の推移を、1996 年を 100 として示す。図-3 よりほとんどの地域で 1996 年から 2006 年にかけての都市クラスタは拡大しているが、ヤンゴンでは 2006 年に都市クラスタの面積が減少している。都市クラスタの面積は増減を繰り返しながら増加した。

謝辞: 本研究は、環境省環境研究総合推進費(1-1402, 2-1404)、日本学術振興会科学研究費(基盤研究(A)25241027, 基盤研究(B)26281056)の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表する。

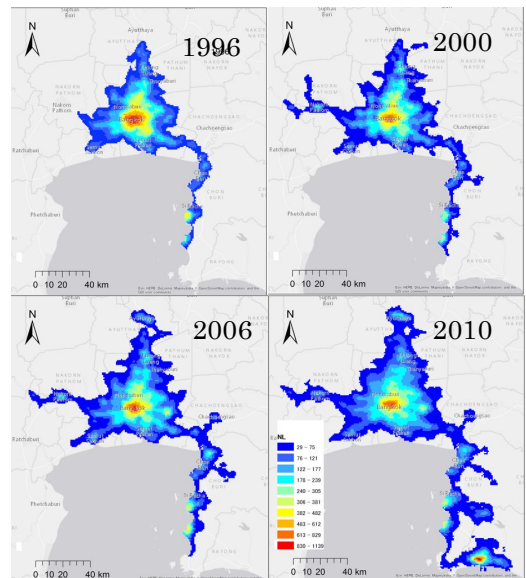


図-2 バンコク周辺の都市圏域抽出結果

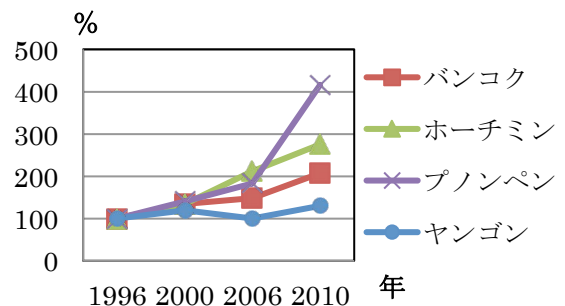


図-3 都市クラスタの面積の増加率の推移

4. おわりに

本研究では、衛星夜間光データを用いてアジアの 4 都市を対象に経年での都市域の抽出、都市クラスタの抽出を行った。都市域の抽出により発展する都市域の分布や変化を評価し、クラスタ分析により都市クラスタの拡大や活動量の変化を可視化した。いずれも都市の動態を示しているが、衛星夜間光データの観測センサの違いからくる時系列変化に対する不確実性に対する評価を重ねることで、より正確な分析・議論が可能となる。

参考文献

- 1) United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division: World urbanization prospect The 2014 revision, pp7-16, 2014
- 2) 中谷友樹: 衛星夜間光による「街の灯り」センサス—夜間地上光画像による人間活動強度の推定をめぐって—, 立命館大学, Vol.593, pp583-597, 2006
- 3) Christopher D. Elvidge, Kimberly E. Baugh, John B. Dietz, Theodore Bland, Paul C. Sutton, and Herbert W. Kroehl: Radiance Calibration of DMSP-OLS Low-Light Imaging Data of Human Settlements, Remote Sensing of Environment, Vol. 68, Issue 1, pp. 77-88, 1999