

東南アジア諸都市を対象とした衛星夜間光による都市動態の定量化

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 正会員 杉本賢二, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹

1. はじめに

先進国は、都市に天然資源を投入し、蓄積することで社会基盤を構築し発展を遂げてきた。今後ますます都市化が進行する発展途上国では、天然資源の投入量や廃棄量の増加が予測され、効率的な資源利用が要求される。都市の成長過程を考慮した持続可能な都市計画のために、都市の動態を把握する手法を確立する必要がある。

マテリアルストックフロー分析が有効な手法であるが、発展途上国では基盤データとなる統計データの整備率や信頼性が低い。また、統計データでは行政区域ごとに集計されるため都市の空間分布に即していない。そのため、全世界を対象に詳細な空間分布で分析することのできる基盤データを用いる必要がある。全世界で観測可能で、人間活動と関連性の高い衛星夜間光データは汎用性が高く、人間活動領域の抽出に用いられてきた。中谷(2006)¹⁾は DMSP/OLS(防衛気象衛星計画/高感度可視近赤外線センサ)によって観測された衛星夜間光データから都市の活動領域と夜間光の強度に密接な関係があることを示した。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、都市の活動量の定量化や時系列での定量化には至っていない。また、都市中心部では観測上限に達してしまう飽和現象により、都市部の詳細な分析が不可能であった。しかし、近年異なる3つの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放射輝度校正データが作成され、全ての領域を詳細に観測可能となった。

そこで本研究では、統計データの整備が十分でなく、近年発展著しい東南アジア諸都市を対象に放射輝度校正データを用いて都市域・都市圏の抽出を行なう。また、夜間光強度を人間活動量の代理指標とし、都市域・都市圏の活動量を時系列で定量化し、都市の動態を示す。

2. 放射輝度校正データの校正

放射輝度校正データは年度ごとに使用されるセンサの相違やセンサの経年劣化から、同一尺度で経年比較することができない。Hsu et al.(2015)²⁾はセンサの設計感度を元に作成した inter-satellite Calibration とロサンゼルスを参照し作成した inter-annual Calibration を適用することで時系列比較を可能にした。本研究では、現在入手可能な1996,1999,2000,2003,2004,2006,2010年の放射輝度校正データをHsu et al.(2015)の方法で校正し、基盤データとして用いた。

3. 方法

都市は中心地から広がるように拡大し、周囲の都市と結合することで都市圏を形成する。そのため都市圏は複数の都市域で構成されている。本研究では地理情報システム(GIS)を用いて、時系列の衛星夜間光データから都市圏の抽出・都市域の抽出を行い各々定量化し、都市の動態を示す。

(1) 都市圏の抽出

都市圏を人間活動量の大きな塊とし、GISのクラスタ外れ値分析を用いて、夜間光強度が大きく周囲の値も大きなセルを抽出した。抽出した都市圏の面積を都市圏域、夜間光量を都市圏活動量として定量化した。

(2) 都市域の抽出

都市圏を構成する複数の都市域の抽出方法としてGISの水文学における流域の抽出を応用した。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現れる。衛星夜間光データの輝度に-1を常時、流域の抽出と同様の手法を行うことで、輝度の極小となる境界で分けることが可能であり、都市域の抽出を行なった。都市域の中で最も大きいものを核都市域とし、それ以外の都市域を周辺都市域とし各々の夜間光量を都市域活動量として定量化した。

4. 結果と考察

図-1 に東南アジア諸都市の都市圏域と都市圏活動量の推移を示す。ほとんどの都市圏が都市圏域・活動量ともに増加傾向であり、都市活動の面的な増加と量的な増加を示している。シンガポール都市圏では地理的制約により都市圏域は変化しないが都市圏活動量は緩やかに増加しており密度的な増加をしている。バンコク都市圏では1999年に都市圏域・活動量とも一時的に減少しているが、1997年に発生したアジア通貨危機の影響であると考えられる。

図-2 にホーチミン周辺における時系列での都市圏の抽出結果と活動強度の空間分布を示した。都市圏の拡大の様子と活動量の空間分布を可視化し、詳細な空間分布とともに都市の成長を把握できた。1996年から2006年までにホーチミン都市圏は外に広がるように拡大していたが、2010年には、都市圏外にあった都市域を結合することで都市圏はアメーバ状に成長した。

図-3 にホーチミン都市圏内の都市域の活動量の変化を示した。ホーチミン都市圏では、それぞれの都市域活動量が増加することと、新たな都市域を結合することで都市圏が拡大している。核都市域の活動量は年々増加し、2010年には1996年の3倍以上となった。一方で1996年には都市圏の活動量の8割以上を核都市域が占めていたが、2010年には6割弱となり、周辺都市域の成長が著しい。1996年には2つあった周辺都市域は年々活動量が増加し、2010年には1996年の核都市と同程度まで成長し、その周辺で新たな都市域が誕生した。

4. おわりに

本研究では、衛星夜間光データを用いて都市圏・都市域の抽出を行い、時系列での都市の活動量を定量化した。都市圏分析では、都市圏全体の変化を定量化し、都市域分析では、都市圏内の変化を都市域単位で定量化し、都市動態を把握することができた。今回用いた放射輝度校正データの時系列校正では細かなスケールでの精度が疑わしい。今後は、放射輝度校正データの時系列校正の精度について検証し、都市の成長過程や社会・自然条件に応じた夜間光強度と資源蓄積との関連性を考慮したい。

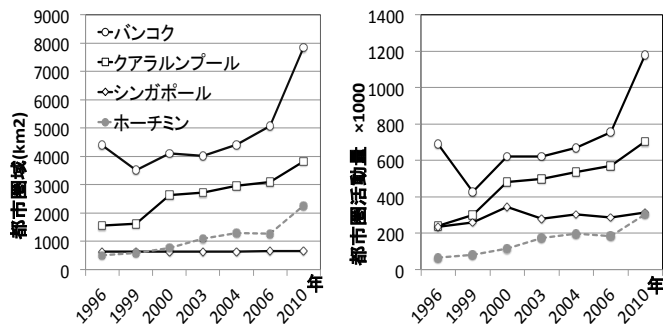


図-1 東南アジア諸都市の都市圏域・活動量の推移

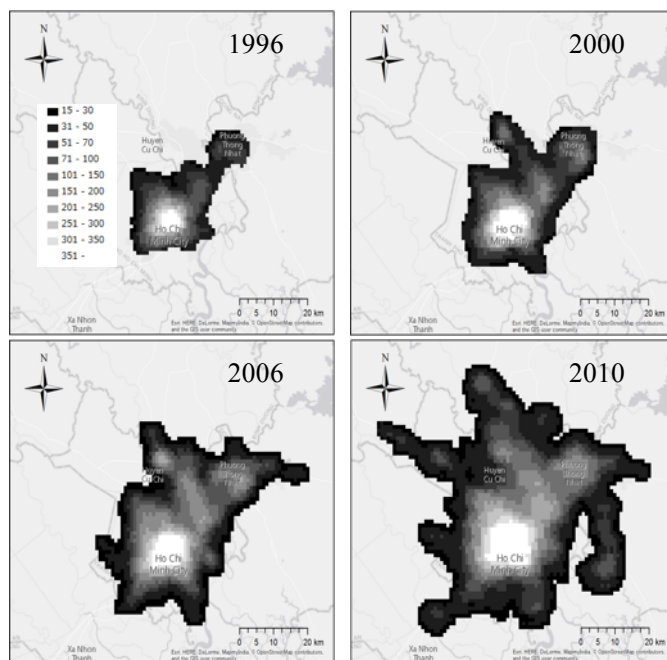


図-2 ホーチミン都市圏の活動量の空間分布

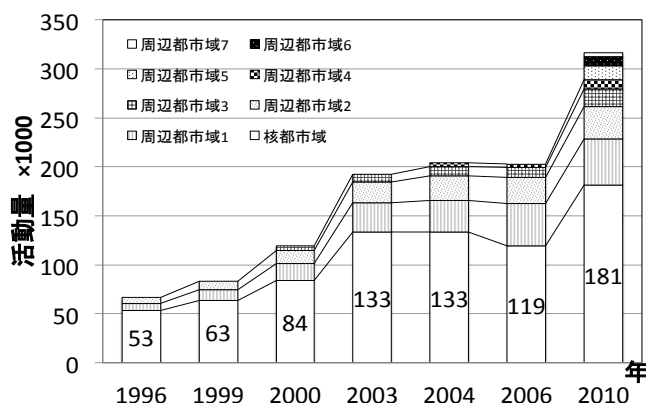


図-3 ホーチミン都市圏内の都市域活動量の定量化

参考文献：

- 1) 中谷友樹：衛星夜間光による「街の灯り」センサスー夜間地上光画像による人間活動強度の推定をめぐって一，立命館大学，Vol.593，pp583-597，2006
- 2) Feng-Chi Hsu, Kimberly E. Baugh, Tilottama Ghosh, Mikhail Zhizhin and Christopher D. Elvidge (2015) : DMSO-OLS Radiance Calibrated Nighttime Lights Time Series with Intercalibration, *Remote Sensing*, Vol.7, pp.1855-1876, 2015

謝辞：本研究は、環境省循環型社会形成推進科学研究費(1-1402,2-1402)の支援により実施されたものである。関係者各位に感謝します。