

LCZ 分類にもとづくインド・デリーの地上気温分布の解析

明星大学 理工学部 総合理工学科 環境・生態学系 4年 13t7006 石田紘章

指導教員 亀卦川 幸浩

1. はじめに

現在世界の都市部ではヒートアイランド現象に代表される局地気象変動が問題となっている。ヒートアイランド現象の主な原因は都市部の急激な都市化により、人間活動による人工排熱の増加や緑地面の減少、表面被覆のコンクリート化に伴う蓄熱量の増大が主要因として挙げられている。ヒートアイランド現象は世界規模で進む都市への人口集中に伴いさらに問題になっていくことが考えられる。

ヒートアイランド現象を研究するにあたり、熱帯・亜熱帯の研究事例が少なく、環境影響の大きさを考慮した場合、近年人口が爆発的に増加しているアジア低緯度都市の気候・大気環境とそのエネルギー需要との関係性の解明は、重点的に取り組むべき研究課題と位置づけられた¹⁾。

以上の点からアジア低緯度都市であり 2014 年時点で 1990 年に比し 2 倍の急激な人口増加を経て 1500 万人の人口を擁し、東京に次ぎ世界二位の都市圏人口を抱えるインド共和国の首都デリーに着目した。

2. 先行研究

都市域の気候は、建物の密度、地表被覆の構成や人工排熱の多寡等の影響を受けて、同一都市内にあっても地域毎に異なる気候特性を有する小気候域 (Local Climate Zone ; 以降 LCZ と略する) から構成される事が知られている²⁾。

先行研究¹⁾では、この LCZ の概念に基づきデリー都市圏の LCZ の各カテゴリへの分類が試みられた。合わせて、デリーと近郊の 31 の観測点で 2010 年 3 月 6 日から 3 月 11 日の地上気温の多点計測が実施された。測定データを使用し、観測地点を LCZ のカテゴリ別にまとめ、地上気温の日変化の特徴について解析を行った、その結果、昼間は観測地点間の気温に大差はないが、夜間に LCZ のカテゴリ間で明瞭な気温差が見られる結果となった。2010 年 3 月の観測では、市街地と都市内公園緑地の気温差は夜間に 10℃ 近くに達する事が判明した。

本来の LCZ の分類は、天空率や人工排熱量、街区を構成する物質の熱物性などの、物理パラメータを用い定量的になされる²⁾。しかし、上述の先行研

究¹⁾では分類に用いる物理パラメータの一部が、現地での実測による値ではなく推定値が用いられ、その点で必ずしも適切な LCZ 分類になっていない可能性がある。

3. 研究目的

以上の問題点を踏まえ、本研究では、人工衛星データを使用し LCZ 分類を行う情報システムである WUDAPT (TheWorld Urban Database and Access Portal Tool)³⁾をデリーに適用し、LCZ 分類を再度試みる。先行研究¹⁾におけるデリーでの多点観測による地上気温の日変化の特徴を、各観測地点が属する LCZ カテゴリと関連付け再度解析することで、都市気候解析に世界的に用いられるようになりつつある LCZ が都市内の地域毎の気候特性を特徴づける指標であるかの検証を行うことを本研究の目的とする。

4. 研究方法

WUDAPT を用いデリー都市圏の LCZ 分類を行い、先行研究¹⁾で分類ができなかった地域も含め、より正確な分類を試みる。分類後、先行研究¹⁾で使用した観測点のデータではサンプル数が少ないため、先行研究¹⁾で都市気候・建物エネルギーモデルを使用し、デリー周辺を 2010 年 3 月 4 日から 3 月 11 日まで、2km 格子 63×57 グリッドで気温シミュレーションされた地上気温データを使用し LCZ カテゴリで分類を行い、LCZ カテゴリの違いに対応した合理的な地上気温の特性の相違が認められるか等の視点から検証を行う。

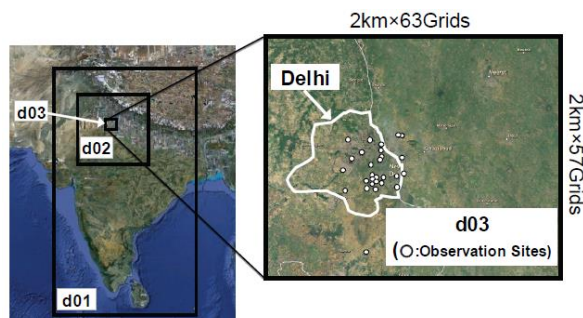


図 1. デリー周辺の計算領域

5. 解析方法

5-1. LCZ の分類手法

先行研究²⁾で提案された LCZ 分類では、気温に影響を与える地表面の状態を、10 種類の建物の区分と 7 種類の土地被覆を組み合わせ、物理パラメータに基づき理論的に分類可能となった。この分類方法は、建物の高さ、地表に占める不浸透面の割合や天空率、空力粗度長といった物理的な気温形成因子に照らし合わせて、小気候域に分類する都市気候学的な土地利用分類手法である。

5-2. WUDAPT とは

LCZ 分類は多種の物理パラメータに基づくため、実際の都市域で計測に基づきその値を同定することは容易ではない。これに対し、WUDAPT では一般公開された米国の Landsat 衛星データを用いて、LCZ の分類を現地での実測データを用いる事なく行える。WUDAPT ではフリーの画像解析ソフトである SAGA が用いられる。各 LCZ カテゴリのトレーニングエリアをユーザーが Landsat 衛星よりも高解像度の衛星画像の目視判読により選択し、Random Forest という機械学習アルゴリズムによって、トレーニングエリア以外の都市の全域を LCZ に分類することができる。

6. 研究結果

本研究ではデリーの LCZ 分類を行い LCZ 分類された結果を図 1 に、LCZ カテゴリ別に地上気温を分析した結果を図 2 に示した。

LCZ 分類された画像(図 1)を可視衛星画像と照らし合わせ、デリーの市街地の広がりや大規模緑地の分布、更にはデリー北部の old delhi 地区に低層の高密度街区が集中する点など、概ね妥当な分類結果が得られたと考えている。

LCZ カテゴリ別に見たデリーでの実測地上気温の時系列では昼間では上空まで空気が混合されるために、LCZ 別での気温の差は小さく夜間では混合層が低くなり大気が安定化するため、LCZ カテゴリ別で地上気温の大きな差が出る結果となった。

実測値の夜間での LCZ 別の地上気温は Compact midrise、Compact low-rise などの都市域 LCZ が高い値となり、Dense trees などの森林が多い LCZ カテゴリでは地上気温が最も下がる結果となった。

また、シミュレーションで同様の方法を用いて時

系列のグラフを作成したが Open midrise が夜間の気温が一番下がりにくいという結果になったが、概ね実測値と同様合理的な結果が得られた。

夜間の地上気温は、人工排熱やコンクリートの蓄熱、放射冷却現象により差が出るため、都市域と緑地での差が起きることは合理的であると言える。

そのためこのグラフ(図 2)は土地の利用状態によって明確な気温差が出ている合理的な結果であると言える。

本研究では人工衛星からの画像を AI での解析で LCZ 分類を行い、観測された地上気温と関連付けさせたが、LCZ カテゴリの違いに対応した合理的な地上気温の特性の相違が認められたため、地上気温でみた都市気候の特徴を地域毎に把握する上で、WUDAPT による LCZ 分類は現地へ行かず、物理パラメータなども用いらず都市気候の特徴を捉えられる非常に有効な手法であると言える。

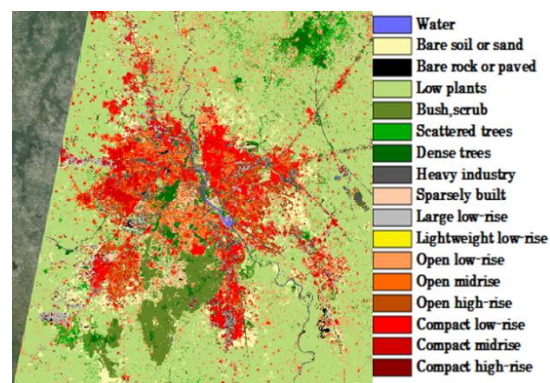


図 1. デリーの WUDAPT による LCZ 分類画像

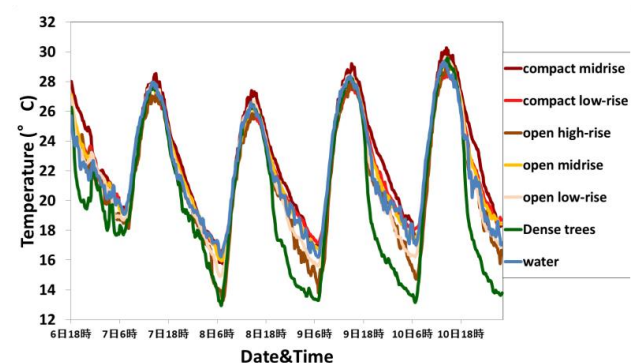


図 2. LCZ カテゴリ別に見たデリーでの実測地上気温の時系列(2010年3月)

7. 参考文献

- 1) 亀卦川 他 4 名, 2011, 土木学会論文集 G(環境), 67(6), II_315-II_326.
- 2) Stewart, I., Oke, T., 2012. Bull. Am. Meteorol. Soc. 93, 1879-1900.
- 3) <http://www.wudapt.org/> (アクセス日; 2017年1月20日)