

# 土地利用の変化が 温熱環境に与える影響

1200150 宮崎 柊輝

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

E-mail 200150g@ugs.kochi-tech.ac.jp

本研究は、高知県を対象として土地利用の変化がヒートアイランド現象に与える影響を明らかにすることを目的とした。最も一般的な領域気象モデル Weather Research and Forecasting (WRF) を用いて、異なる過去の土地利用データを用いてそれぞれ数値シミュレーションを行い、得られた気温と土地利用の変化との関係を検討した。WRF による気象シミュレーションの結果、気温の再現性は保証され、土地利用の変化により都市化が進行することで明確に気温上昇することが確認できた。特に最低気温に影響が顕著に表れる結果となった。

**Key Words:** ヒートアイランド現象、WRF

## 1. 序論

### 1.1 はじめに

世界規模で長期的な温度上昇が起こっている。その要因は主に地球温暖化と都市化(ヒートアイランド現象)によるものである。気象庁のヒートアイランド監視報告<sup>1)</sup>によると、東京、大阪、名古屋の主要3都市の年平均気温の100年当たりの上昇率はそれぞれ3.2℃、2.6℃、2.8℃にも及ぶ。一方、日本において都市化の影響が比較的小さい15地点の平均気温上昇率は1.5℃であり、これは日本全体での地球温暖化のみによる気温上昇と考えてもよい。したがって、東京、大阪、名古屋におけるヒートアイランド現象による気温上昇率はそれぞれ1.7℃、1.1℃、1.3℃と推定される。高知市の年平均気温の100年当たりの上昇率と先述の15地点平均と比べると、日平均気温に差異は無いが、日最低気温で0.8℃、日最高気温で0.4℃上昇しており、高知市でもヒートアイランド現象は生じているといえる。ヒートアイラ

ンド現象の要因として植生域の減少と人工被覆面の拡大があり、土地利用の変化がヒートアイランド現象に及ぼす影響は大きいと考えられる。そこで、本研究は、高知県を対象として土地利用の変化がヒートアイランド現象に与える影響を明らかにすることを目的とした。最も一般的な領域気象モデル Weather Research and Forecasting (以下 WRF) を用いて、異なる過去の土地利用データを用いてそれぞれ数値シミュレーションを行い、得られた気温と土地利用の変化との関係を検討する。

### 1.2 本研究の概要

領域気象モデル WRF を用いて、ある期間の気象場をシミュレーションする際に様々な年代の土地利用を用いた(表-1)。これにより土地利用の変化が気温に与える影響を検討した。WRF を用いて2016年8月1日(0:00)から8月9日(0:00)の約1週間の気温をシミュレーションした。1976年から2014年までの土地利用をそれぞれ使ってシミュレーショ

ンし、1976年から2014年までに土地利用が都市に変わったところ、その周辺、土地利用が変化していないところの気温をそれぞれ抽出し、土地利用の変化が気温の変化に与える影響を検討した。

表-1 解析に用いる土地利用データの年代

データ名	国土数値情報土地利用細分メッシュ
作成者	国土交通省国土政策局
解像度	100m
年代	1976,1987,1991,1997,2006,2009,2014

## 2. 気象シミュレーション情報

### 2.1 WRF について

WRF は非静力学・完全圧縮の気象シミュレーションであり、大気の状態、地形、土地利用のデータをインプットすることで、気温の分布や湿度の分布を取得することが可能である。

### 2.2 数値シミュレーションの概要

今回用いた気象モデルは WRF3.7 である。計算概要を表-2 に示す。2つの計算領域によるネスティング(図-1)を行い、domain1 は格子幅 5km、domain2 は格子幅 1km とした。気象データに京都大学生存圏研究所がグローバル大気観測データとして公開している気象庁が作成し、空間解像度 5km の MSMGPV データを用い、domain1 における標高データと土地利用データは米国地質調査所 (USGS) が作成した空間解像度 30 秒(約 1km)のデータを用いた。domain2 における標高データと土地利用データは、人工衛星 Terra の光学センサ ASTER によるデータと国土数値情報<sup>2)</sup>土地利用細分メッシュ (GSI) を用いている。なお、USGS の土地利用と GSI の土地利用は分類が異なるので、秋本ら<sup>3)</sup>の先行研究に習い GSI の土地利用分類を USGS に対応づけた(表-3)。計算期間は土地利用の年代に関わらず、助走期間を含めて一律で 2016 年 7 月 30 日から 8 月 9 日の 10 日間とした。計算期間を変えずに、表-1 に示した各年の各土地利用データを用いてシミュレーションすることで、純粋に土地利用

の違いが気温に与える影響を比較する。

表-2 WRF 計算概要

Domain	1	2
ドメイン幅(km)	750km	251km
格子幅	5km	1km
格子数	150×150	251×251
土地利用データ	usgs30s(約1km)	gsi(100m)
標高データ	GTOPO30s(約1km)	aster(30m)

※()内は空間解像度を表す

表-3 土地利用分類対応

	USGS	GSI
1	都市	建物用地 幹線交通用地 その他の用地
3	灌漑された耕作地と放牧地	田
5	耕作地と草原の混在	荒地
7	草原	その他の農用地 ゴルフ場
15	混合林	森林
16	水面	河川・湖沼 海浜 海水域

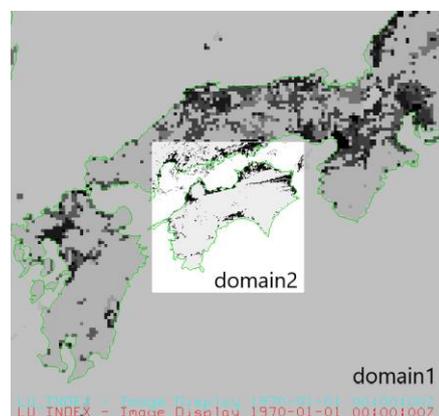


図-1 計算領域

### 2.3 WRF の再現性

WRF の再現性を確かめるために AMeDAS の高知市での観測点 (33.5666, 133.5483) を用いて、2016 年 8 月 1 日から 8 月 8 日の AMeDAS と WRF の気温を比較した。RMSE は 1.73、相関係数は 0.922 となり、先行研究と比較しても遜色ない値となった。

### 3. 比較対象点

1976年と2014年の土地利用データを用いて、1976年から2014年の間に都市になったエリアを抽出した。この画像を用いて都市に変わったエリア、都市に変わったエリアの周辺、変化なしのエリアからそれぞれ3点ずつ比較対象点を選定した。比較対象点を地図上で選定するとき都市に変わったエリアはC、都市に変わったエリアの周辺はCA、変化なしのエリアはNとした。さらにそれぞれ西の点(L)、中央の点(M)、東の点(R)を選定し、合計9点とした。選定した比較対象点は(図-2)である。



図-2 比較対象点分布(地理院タイル<sup>4)</sup>を加工して作成)

### 4. 研究結果

#### 4.1 WRF 計算結果

表-4、表-5は2つの年代の土地利用をそれぞれ用いてシミュレートした8月1日から8月8日までの各日の最高気温、最低気温の差の平均を計算した値である。最高気温でも、最低気温でもC\_L、C\_M、CA\_Lが2006年から2009年にかけて大幅に気温上昇していた。特に最低気温の気温上昇が顕著であり、C\_LとC\_Mで約1.9℃、CA\_Lは約1.7℃上昇していた。また、C\_Rは1976年から1987年にかけて他の点よりも大幅に気温上昇しており、同じく最低気温では約2.4℃上昇していた。なお、都市に変化していない点(N)では、気温の変化はほとんど見られなかった。図-3に気温の変化が大きかったC\_Lにおける2006年と2009年の土地利用をそれぞれ用いて気温をシミュレートした場合の気温変化を示す。

また、図-4にC\_Rにおける1976年と1987年の土地利用をそれぞれ用いて気温をシミュレートした場合の気温変化を示す。

表-4 2つの年代間の最高気温差

MAX	2014-2009	2009-2006	2006-1997	1997-1991	1991-1987	1987-1976
C_L	0.0699234	<b>0.435657</b>	0.0938683	0.0384941	0.0527878	0.0919113
C_M	0.0709534	<b>0.489361</b>	0.0911255	0.0688744	0.0541344	0.0823517
C_R	0.0823021	0.1186142	0.1013718	0.0258713	0.0493507	<b>0.671867</b>
CA_L	0.0819168	<b>0.529037</b>	0.0582047	0.0337601	0.3714943	0.3912315
CA_M	0.061142	0.0787659	0.0660515	0.0451813	0.0644836	0.0952721
CA_R	0.0801277	0.1340866	0.1337929	0.038044	0.054245	0.2913589
N_L	0.0888939	0.0699425	0.0735435	0.0488663	0.1048698	0.0647774
N_M	0.113945	0.0813904	0.062233	0.067894	0.0700493	0.1089249
N_R	0.0801735	0.1189575	0.1466179	0.0676193	0.0806389	0.049778

表-5 2つの年代間の最低気温差

MIN	2014-2009	2009-2006	2006-1997	1997-1991	1991-1987	1987-1976
C_L	0.2003441	<b>1.851345</b>	0.1068001	0.0964813	0.1201973	0.1366158
C_M	0.2380333	<b>1.871586</b>	0.0904427	0.0423317	0.0681877	0.1680756
C_R	0.236763	0.2530136	0.1161003	0.070282	0.0901146	<b>2.445168</b>
CA_L	0.2543106	<b>1.681065</b>	0.0239029	0.0446053	0.1578827	0.2519264
CA_M	0.2934837	0.2071266	0.1092911	0.0841751	0.0642166	0.1534424
CA_R	0.076973	0.0797539	0.0546494	0.0914459	0.1156235	0.0957184
N_L	0.0697021	0.0892715	0.0479698	0.0348167	0.042408	0.0620728
N_M	0.091095	0.0781937	0.0644226	0.1224136	0.1204872	0.1197891
N_R	0.0494995	0.0644455	0.0469131	0.0699158	0.055233	0.0458221

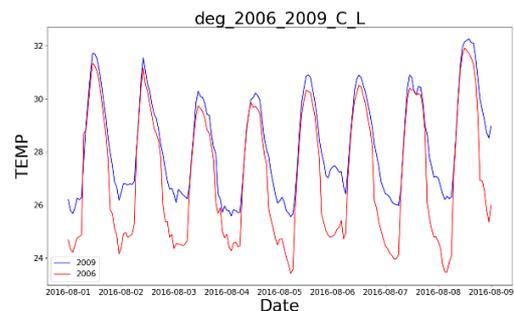


図-3 C\_Lにおける2006年と2009年の土地利用を用いた場合の気温変化

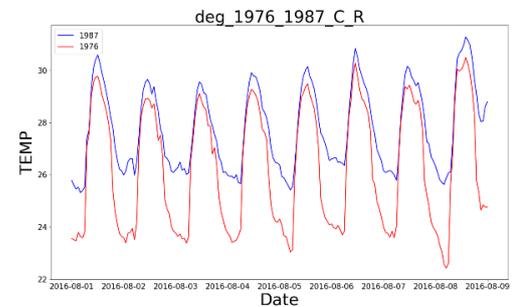


図-4 C\_Rにおける1976年と1987年の土地利用を用いた場合の気温変化

## 4.2 土地利用変化

表-6 は比較対象点で 1km のバッファを発生させて、バッファ内において各年代間で土地利用が都市に変化したセルを抽出した数である。この時、空間解像度 100m の土地利用データを利用した。2006 年から 2009 年で大幅な気温上昇のあった C\_L、C\_M、CA\_L の内、C\_L と C\_M は他の都市の点、都市周辺の点と比べても、あまり差異はなかったが、CA\_L は 2006 年から 2009 年にかけて 83 個都市に変化したことがわかる。これは、次に多い CA\_R の 59 個の約 1.3 倍であった。また、1976 年と 1987 年で大幅に気温上昇していた C\_R も 80 個で、次に多い C\_M の約 1.6 倍である。

表-6 1km のバッファ内に含まれる土地利用が都市に変わったセル数

	2014-2009	2009-2006	2006-1997	1997-1991	1991-1987	1987-1976
C_L	15	53	48	10	0	33
C_M	14	44	44	26	16	51
C_R	3	47	35	5	0	<b>80</b>
CA_L	11	<b>83</b>	35	6	0	17
CA_M	2	42	41	27	0	30
CA_R	11	59	32	5	0	40
N_L	9	23	20	1	0	25
N_M	1	1	0	0	0	0
N_R	0	12	12	0	0	4

## 5. 考察

2 つの年代の土地利用をそれぞれ用いた計算結果では最低気温の気温上昇が顕著に表れており、ヒートアイランド現象の影響は最低気温に現れると言われているため、整合性のある結果となった。

C\_L、C\_M、CA\_L における 2006 年と 2009 年の土地利用をそれぞれ用いた計算結果では、気温差が大きかったことから、C\_L、C\_M、CA\_L 周辺では 2006 年から 2009 年にかけて土地利用が都市へと大きく変化したと予想された。しかし、土地利用が都市へと変化したセル数を見ると、C\_L、C\_M は 1997 年から 2006 年にかけてのものと同程度であった。このことから C\_L、C\_M 周辺では、1997 年から土地利用が都市へと変化したことが、その数はまだ気温に影響を与えるレベルにまで達しておらず、2006 年の土地利用データを用いた場合には、まだ都市化への影響は見られなかったと考えられる。その後、2009 年まで

土地利用が都市へと変化し続け、2009 年の土地利用データを用いた際に、都市化の影響が気温に現れるようになったと考えられる。以上から、気象シミュレーションの解像度は 1km であるため、あるポイントの気温は、そのポイント周辺がある程度都市化しない限り、都市化の影響は反映されないと考えられた。したがって 2006 年-2009 年の CA\_L と 1976 年-1987 年の C\_R では、土地利用が都市に大きく変化し、その数が気温に影響を与えるレベルにまで達したため、都市化の影響が気温に現れたと考えられる。

## 6. まとめ

本研究の結果から、土地利用の変化により都市化が進行することで明確に気温は上昇することが確認できた。特に最低気温への影響が大きく、本研究では最高気温が約 0.5°C 上昇するのに対して、最低気温は約 2.0°C 上昇する結果となった。また、今回は土地利用の変化が気温に影響するのに 10 数年要した場所も見られたが、これは気象シミュレーションの解像度が大きく影響していると考えられたため、今後はより高分解能での解析も必要である。また、今回は土地利用の変化が温熱環境に与える影響を評価したが、考慮したのは気温のみであった。ヒートアイランド現象は湿度にも大きく影響することが予想できるが、WRF でのシミュレーションの再現性が低く考慮できなかった。故に今後は WRF の再現性向上に努めて、より詳細な気象場を再現し温熱環境の影響評価の精度向上に努めたい。

## 7. 参考文献

- 1) ヒートアイランド監視報告 : <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/2013/index.html>
- 2) 国土数値情報ダウンロードサービス : <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>
- 3) 秋本祐子, 日下博幸 : 地理学評論
- 4) 地理院タイル : <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>