

名古屋市における表面温度と土地利用との 関連性に関する GIS 分析

小林 利夫¹・西浦 定継²・木下 瑞夫³

¹正会員 明星大学大学院博士課程後期 理工学研究科 (〒191-8506 東京都日野市程久保二丁目1-1)
E-mail: 08db001@stu.meisei-u.ac.jp

^{2,3}正会員 明星大学教授 理工学部環境システム学科 (〒191-8506 東京都日野市程久保二丁目1-1)
² E-mail: nishiura@cc.meisei-u.ac.jp

³ E-mail: mkishita@es.meisei-u.ac.jp

本研究の目的は、都市における表面温度と土地利用等との関連性について定量的に評価することである。分析においては、表面温度データは人工衛星ASTERのデータを使用し、土地利用、建物利用、緑被利用別の各面積はGISデータを用いた。本分析で表面温度と土地利用の関係で工業、商業、業務系の土地利用で温度が高いことがわかった。また、緑地では特に高木があるところでは温度が下がることがわかった。

Key Words : Urban Thermal Environment, Surface Temperature, Land Use, Building Use, Green Area

1. 序論

本研究では地表面温度と土地利用等との定量的関係を分析している。土地利用等の項目データは土地利用、建物利用、緑被利用である。本研究の目的は、マクロスケールにおける温度レベルに最も大きい影響を与える用途項目を調査することである。

山下(2007)¹⁾は神戸市長田地区での土地利用ゾーニング規則の効果をサーマルイメージを用いて、放射表面温度の分析を行った。また、工業地帯が他用途よりも高い温度を示し、商業地と工業地帯の温度が住宅地より高いことを明らかにした。さらに、他の都市で同様の種類の分析を行うことが必要であると提案した。

村上(2008)²⁾は、屋敷林の表面温度を用いて富山県礪波地域のヒートアイランド現象を分析した。さらに、吉田(2000)³⁾は、野外の温熱環境にいて三次元キャノピーモデルを使用することで緑地の効果を研究した。これらの2研究は、ミクロスケール分析であり、モデルを用いた研究結果である。

本研究は、土地の用途項目とマクロスケールでの温度において何らかの統計的な関係を見つけるのを目的としたもので、山下の結論から研究計画を立案している。山下の研究との主な相違点は用途項目(土地利用、建物利用、緑被利用)に関する具体的なデータを使用したということである。従って、本研究の成果はヒートアイランド現象を考えるにおいて重要であると考えている。

2. 研究計画

研究計画は地域の選定、データコンテンツ、分析方法の3つから成り立っている。

(1) 研究地域の選定

研究対象は名古屋市とした。(面積326.45km², 人口約220万人)。名古屋市は、他の都市と比べ多くの面積を都市計画した都市として知られ、土地区画整理等の面的整備の長い歴史を持っている。名古屋市は第二次世界大戦における空襲により都市部の約1/4は破壊された。終戦後の1946年に策定された戦災復興計画では土地区画整理事業の対象エリアとして4.407haが指定された。計画には2本の100m道路(道路の他に公園を含んでいる)、東西方向(若宮大通)、南北方向(久屋大通)が含まれており、現在これらの道路は都心の緑のネットワークの軸として機能している。名古屋市ではその後も基盤整備のため、土地区画整理事業が進められた。1980年には施工地の5%が公園等で保存されるべきであるとされた。昨今の地球規模のヒートアイランド現象緩和を目的として、名古屋市等の都市部において緑地の保存・創出を進めることが必要であり、本研究におけるマクロスケールでの分析は今後の政策立案のために役立つ情報を提供することになる。

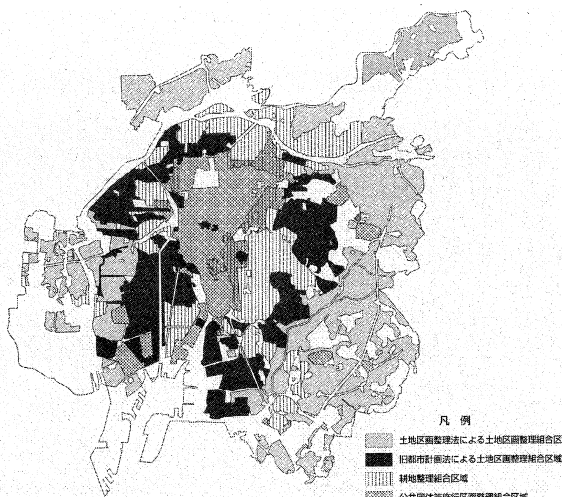


図1 名古屋市の面整備による都市開発

(2) データコンテンツ

本研究では名古屋に関する4種類のデータを用いた。

a 表面温度

人工衛星ASTERにより2006年8月3日撮影されたデータを使用する。撮影取得領域は1辺が60kmの正方形である。市域を1辺が29.7kmの正方形の領域内に収まるようにし、さらに内部を1辺90m(表面温度は90mセルで観測されているため)のセル(10万8900セル)に分割した。

b 土地利用

2007年実施の都市計画基礎調査結果を用いた。データはGISベースであり30種の土地利用で構成されている。

c 建物利用

2006年実施の都市計画基礎調査結果を用いた。データはGISベースであり66種の建物利用で構成されている。

d 緑被利用

2005年に市が実施した緑の現況調査データを用いた。これらのデータは、GISベースであり13種の緑被利用で構成されている。

(3) 分析方法

- ・ ASTERデータは、ENVI(ソフトウェア)を使用することで位置を調整し、表面温度等をテキストベースのデータに変換した。
- ・ 土地利用、建物利用及び緑被利用データは、ASTERデータと整合させるため1辺が90mの格子状セルに変換し、各格子状セル内にデータ属性を持たせた。
- ・ 表面温度データの標準偏差を求め、格子状セルを低温域、標準温域、高温域に分類した。さらに標準偏差を用いて低温及び高温域内を3分類した。
- ・ 上記における分類に基づいて、各セルの表面温度領域

の地理的特徴を調べた。

- ・ 低温域及び高温域内のセルで土地利用、建物利用及び緑被利用データを用いて、主成分分析における固有ベクトルから主成分得点を求め回帰分析を用いる主成分への回帰を行った。

3. 分析

データ別に表面温度データの標準偏差結果に従って、セルを分類した。各データは、同スケール上であるが取得データの領域範囲が異なるため、セルの総数はデータにより異なっている(土地利用:4万2119, 建物利用:3万6113, 緑被利用:3万9776)。

表1 データコンテンツ別標準偏差を用いた温度域別セルの構成

		低温域			標準温域		高温域			合計
		-3σ未満	-3σ以上 -2σ未満	-2σ以上 -1σ未満	-1σ以上 1σ未満	1σ以上 2σ未満	2σ以上 3σ未満	3σ以上		
土地利用	全17	763	1,936	3,599	32,844	2,909	61	7	42,119	
	地域区分1	1.81	4.60%	8.54%	77.98%	6.91%	0.14%	0.02%	100.00%	
	地域区分2	0	1,737	1,589	15,187	767	14	0	19,294	
	地域区分3	0.00%	9.00%	8.24%	78.71%	3.98%	0.07%	0.00%	100.00%	
	地域区分4	89	207	606	5,141	696	39	17	6,795	
	地域区分5	1.31%	3.05%	8.92%	75.66%	10.24%	0.57%	0.25%	100.00%	
建物利用	全17	17	1,052	1,553	11,745	1,647	13	3	16,030	
	地域区分1	0.11%	6.56%	9.69%	73.27%	10.27%	0.08%	0.02%	100.00%	
	地域区分2	641	1,303	2,883	27,974	3,135	154	23	36,113	
	地域区分3	1.77%	3.61%	7.98%	77.46%	8.68%	0.43%	0.06%	100.00%	
	地域区分4	336	588	1,089	12,398	998	53	7	15,469	
	地域区分5	2.17%	3.80%	7.04%	80.15%	6.45%	0.34%	0.05%	100.00%	
緑被利用	全17	76	207	589	5,005	695	38	18	6,628	
	地域区分1	1.15%	3.12%	8.89%	75.51%	10.49%	0.57%	0.27%	100.00%	
	地域区分2	205	559	1,295	10,535	1,385	33	4	14,016	
	地域区分3	1.46%	3.99%	9.24%	75.16%	9.88%	0.24%	0.03%	100.00%	
	地域区分4	382	2,149	3,397	30,066	3,656	110	16	39,776	
	地域区分5	0.96%	5.40%	8.54%	75.59%	9.19%	0.28%	0.04%	100.00%	
緑被利用	全17	260	917	1,410	13,440	997	34	4	17,062	
	地域区分1	1.52%	5.37%	8.26%	78.77%	5.84%	0.20%	0.02%	100.00%	
	地域区分2	89	207	603	5,108	690	39	30	6,766	
	地域区分3	1.32%	3.06%	8.91%	75.50%	10.20%	0.58%	0.44%	100.00%	
	地域区分4	17	1,052	1,549	11,697	1,635	11	2	15,963	
	地域区分5	0.11%	6.59%	9.70%	73.28%	10.24%	0.07%	0.01%	100.00%	

(1) 地域性

名古屋は地理的特性として3つの領域に分割することができる。

地域区分1は沖積平野であり他地域と比べ比較的平坦である。中央部には庄内川が流れ、南西部は水田が広がる市街化調整区域であり、東部は商業、業務の中心地区(CBD)の近隣に位置している。南部の沿岸地域は重工業が多く立地する工業地帯が広がっている。表面温度は土地利用において他の領域より低温レベルを多く含んでいる特性がある。

地域区分2は洪積台地である。そのほとんどが商業、業務施設が多く立地している市街地である。区域内には名古屋城、久屋大通公園などの比較的規模の大きな緑被が広がっている。表面温度分布の特徴としては土地利用と建物利用のσ以上3σ未満の高温域において他の領域より多く含んでいる。また、緑被利用においては冷却効

果が一般的に高いとされているが、高温域の割合が高くなっている。これは公園などが商業、業務施設等が多い市街地内に立地していることが要因としてあげられる。

地域区分3は丘陵地である。区域内には東山公園、平和公園などの計画的に配置された大規模な緑被があり、また、土地区画整理事業等により整備された住宅地が多く立地している。表面温度は低温域に土地利用と建物利用の割合が高くなっている特徴がある。

また、緑と川を含むセルでは、低温域で分類される傾向があった。特に、規模の大きな緑や川では低温域がまとまって現れていた。

表2 表面温度データの平均と標準偏差

	平均	標準偏差
	σ	
土地利用	35.90	3.34
建物利用	36.76	2.30
緑被利用	36.31	2.73

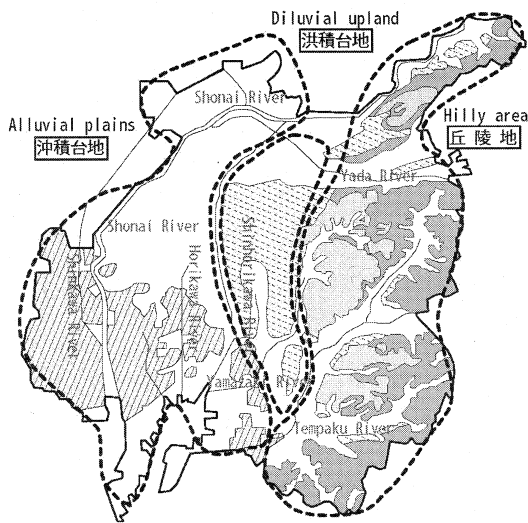


図2 名古屋市の地域性

(2) 温度域に影響を及ぼす要素

本研究では、低温域と高温域におけるデータ特性を把握するため、表面温度に影響を及ぼしている要素について分析した。

表3は土地利用データの高温域で2 σ 以上に分類されているセルを示している。これらの半分以上は工業利用の用地となっており、温度上昇に対して工業用地内の施設の影響が高いことがわかった。

表3 土地利用データにおける高温域セル

	+2s以上+3s未満		+3s以上	
	m ²	%	m ²	%
官公庁	1,990	0.41%	0	0.00%
教育	12,046	2.46%	8,100	14.29%
宗教・文化	132	0.03%	0	0.00%
医療養護	10,609	2.17%	0	0.00%
商業	5,161	1.05%	98	0.17%
業務	1,866	0.38%	171	0.30%
一般商業	686	0.14%	0	0.00%
娯楽	4,663	0.95%	0	0.00%
供給処理・運輸	35,796	7.30%	8,218	14.49%
工業	278,640	56.86%	29,600	52.20%
工業サービス	3,100	0.63%	0	0.00%
戸建住宅	25,114	5.13%	2,145	3.78%
中高層住宅	199	0.04%	0	0.00%
空地	5,111	1.04%	420	0.74%
駐車場	587	0.12%	0	0.00%
資材置場	26,422	5.39%	1,577	2.78%
田	3,433	0.70%	0	0.00%
農地	1,594	0.33%	0	0.00%
樹木	241	0.05%	1,074	1.89%
都市公園以外の公園	1,717	0.35%	0	0.00%
都市公園	11,494	2.35%	0	0.00%
道路	38,004	7.76%	4,525	7.98%
河川	6,299	1.29%	0	0.00%
鉄道	8,771	1.79%	774	1.36%
海面	6,347	1.30%	0	0.00%
合計	490,022	100.00%	56,700	100.00%

σ : 標準偏差

表4 土地利用データにおける低温域セル

	-3s以上-2s未満		-3s未満	
	m ²	%	m ²	%
官公庁	12,745	0.10%	1,499	0.07%
教育	12,964	0.10%	0	0.00%
宗教・文化	64,797	0.52%	8,060	0.35%
医療養護	19,942	0.16%	0	0.00%
商業	7,203	0.06%	0	0.00%
業務	27,300	0.22%	1,482	0.07%
一般商業	33,562	0.27%	6,688	0.29%
娯楽	1,508	0.01%	0	0.00%
供給処理・運輸	716,038	5.74%	126,042	5.53%
工業	203,120	1.63%	21,560	0.95%
工業サービス	7,198	0.06%	0	0.00%
戸建住宅	179,818	1.44%	0	0.00%
中高層住宅	16,450	0.13%	0	0.00%
空地	927,785	7.44%	20,386	0.89%
駐車場	29,848	0.24%	2,960	0.13%
資材置場	147,002	1.18%	69,091	3.03%
田	631,334	5.06%	0	0.00%
農地	96,031	0.77%	0	0.00%
樹木	1,729,880	13.87%	0	0.00%
都市公園以外の公園	171,940	1.38%	3,243	0.14%
都市公園	474,901	3.81%	0	0.00%
道路	577,787	4.63%	118,016	5.18%
河川	1,965,306	15.75%	725	0.03%
鉄道	15,564	0.12%	205	0.01%
海面	4,404,849	35.31%	1,898,311	83.32%
合計	12,474,870	100.00%	2,278,269	100.00%

σ : 標準偏差

表4は土地利用データの低温域で-2σ未満に分類されているセルを示している。海面、河川、樹木で半数以上を占めており、これらの土地利用は温度低下に影響を与えることがわかった。なお、供給処理・運輸が前表でも比較的まとまった面積を示しているが、これは詳細な用途により差があり、倉庫等では温度が高く、下水処分場や浄水場(通常、用地内に芝生などの広場を含んでいる)は温度を低下させていることによる。

表5は緑被利用データの低温域セルを示している。高木は全体の中で最も広く占めている。続いて草、水田が占めている。これまでの研究から高木が隣接した領域の温度を下げることが報告されている。本研究においても同様の結果が得られていることがわかる。

表5 緑被利用データの低温域セル

	-3s以上・-2s未満		-3s未満	
	m	%	m	%
高木	6,085,470	45.28%	88,771	5.78%
低木	272,985	2.03%	14,452	0.94%
竹林	387,462	2.88%	3,636	0.24%
街路樹高木	17,975	0.13%	2,314	0.15%
街路樹低木	4,567	0.03%	681	0.04%
芝	432,978	3.22%	48,775	3.18%
草	1,935,351	14.40%	165,606	10.79%
水田	1,854,796	13.80%	51,895	3.38%
畑	290,812	2.16%	6,026	0.39%
果樹園	26,897	0.20%	0	0.00%
その他農地	17,348	0.13%	327	0.02%
河川	1,515,429	11.28%	1,062,693	69.25%
ため池等	597,426	4.45%	89,360	5.82%
合計	13,439,496	100.00%	1,534,537	100.00%

σ：標準偏差

土地利用と表面温度データとの一層の関連性を調べるため、主成分分析における固有ベクトルから主成分得点を求め回帰分析を用いる主成分への回帰を行った。なお、地域性における分析結果から特に高い温度域に焦点を合わせた。

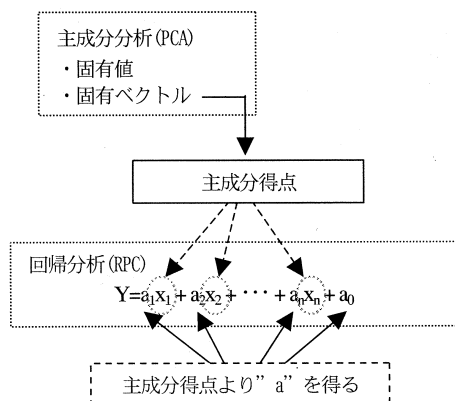


図3 主成分への回帰のイメージ

まず、表1で面積シェアを2%以上を占めている8用途(教育、医療養護、供給処理・運輸、工業、戸建住宅、資材置場、都市公園、道路)について分析した結果、F値等を満たさなかった。

次に土地利用で上位3つ(供給処理・運輸、工業、道路)についてのみ分析した。その結果、F値(3.251)が5%優位レベルであったが、重回帰係数(0.38)は低かった。したがって集計結果から関係性を導き出すことは不適当であった。

表6 上位3つの土地利用項目

項目	係数
供給処理・運輸	-0.114 ns
工業	0.345 ns
道路	0.066 ns
R	0.382
F	3.251 *

ns：優位でない(not significant)

*：5%優位レベル

上記のように回帰分析の結果が統計的検査を満たさなかったため、先の2%以上のシェアを占めている8用途(教育、医療養護、供給処理・運輸、工業、戸建住宅、資材置場、都市公園、道路)について主成分分析を行い、集計結果から1.0より大きかった3つの固有値(寄与率は約60%)を今後用いることとした。新たに得られた固有ベクトルに基づいて各PCを解釈した。

表7 PCAによる8項目の固有ベクトル

項目	ベクトル		
	PC1	PC2	PC3
教育	0.446	0.255	-0.207
医療養護	0.413	0.216	-0.442
供給処理・運輸	0.09	-0.902	-0.264
工業	-0.785	0.495	-0.081
戸建住宅	0.76	0.318	-0.241
資材置場	0.111	-0.08	0.339
都市公園	0.189	0.062	0.7
道路	0.698	0.032	0.356

(PC1の解釈)

一戸建住宅と工業の固有ベクトルが絶対値として高い値を示し、その内、工業は負であることから住環境特性を示している。

(PC2の解釈)

供給処理・運輸は負の値を示しているが、教育、医療養護、工業、戸建住宅の固有ベクトルは高い値である。これらの土地利用は人間の活動を示している。

(PC3の解釈)

都市公園、道路、資材置場の固有ベクトルが高い値を示し、他の土地利用は負であった。これは公園等のオープンスペース系の土地利用を示している。

次に集計した各PCについて回帰分析を行った。F値(2.971)の結果は10%の優位レベルをクリアしたが、重回帰係数(0.368)は高くはなかった。PC1、PC2及びPC3の係数は5%の有意水準でT検定を満たした。PC1の係数が負であったということは、土地の工業目的での使用が大きければ大きいほど、表面温度が高くなることを示している。PC2の係数は、人間の活動が表面温度の増加につながる可能性を示した。PC3は、公園等のオープンスペースが確保された場合に低温域になる可能性を示している。

表8 PCの各係数

項目	係数
PC1	-0.253 *
PC2	0.265 *
PC3	0.032 *
R	0.368
F	2.971 **

ns : 優位でない(not significant)

* : 10%優位レベル

以上のRPCの結果から工業を含めた業務用の土地利用は表面温度を増加させ、逆に緑地面積が確保されている公園や戸建住宅では表面温度が低下していることをマクロスケールでの本研究で証明することができた。

さらに高低温域について2種類のバッファ(第1バッファ：セル淵より90m、第2バッファ：同18m)を発生させ、セルと第1及び2バッファ内セルの温度差及び利用用途別面積構成について調べた。

得られた結果としては、土地利用と地表面温度との関係で標準偏差より低い温度帯では、水面(-3σ以上-2σ未満の面積構成：約16%)が占めており、高温域では工場(2σ以上3σ未満の面積構成：約57%)が多く占めていた。緑被利用との関係では、超低温域は高木(-3σ以上-2σ未満の面積構成：約45%)が多く占めていることが確認できた。理想的な空間構成としては、高木や水面等の緑被の占める割合が高く、オープンスペースが適度に確保されることが必要であることがわかった。

4. 結論

本研究の結論は以下の通りである。

- ・地域分析では、緑地と河川を含むセルは、緑と水が温度を低下させたため、低温域に分類される傾向であることがわかった。
- ・土地利用と建物利用で、工業、商業と業務の利用は表面温度の増加につながる。また、緑被利用の特に高木は隣接した領域を冷やすことがわかった。
- ・土地利用と表面温度との関係で、RPCによる分析が立証された。

本研究の結果は革新的でないかもしれないが、マクロスケールによる実証的分析を示している。

今後は、高低温域から発生させた2種類のバッファを用いて周辺セルへの影響について分析を進め、市街地内でセル間の温度差が大きい特質的なセルについての空間構成の解析を行う。さらに、市街地内のセル間の温度差が大きな場所をいくつか選び、気象観測実験を行うことである。

謝辞：本研究の土地利用、建物利用、緑被利用の各データ提供をして頂いた名古屋市住宅都市局、緑政土木局には、この場をお借りしてお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 山下卓洋, 田中貴宏, 森山正和：用途地域指定が地域の熱環境に与える影響 神戸市長田区における熱画像の解析を通して, 日本建築学会計画系論文集, No. 622, pp145-152, 2007
- 2) 村上暁信, 梅干野晃：樹冠の表面温度に着目した小都市におけるヒートアイランド現況の分析, 日本都市計画学会都市計画論文集, No. 43-3, pp691-696, 2008
- 3) 吉田伸治, 大岡龍三, 持田灯, 富永禎秀, 村上周三：樹木モデルを組み込んだ対流・放射・湿気輸送連成解析による樹木の屋外温熱環境緩和効果の検討, 日本建築学会計画系論文集, No. 536, pp87-94, 2000
- 4) 澤田大介, 本條毅, 丸田頼一, 木村圭司：ランドサットTMデータによる都市の緑被地と表面温度分布との関係の解析, 環境情報科学別冊, 環境情報科学論文集, No. 16, pp393-398, 2002
- 5) 春木智洋, 巖網林, 小堀洋美：衛星熱画像を用いた都市域の温度分布特性の分析, 地理情報システム学会講演論文集 Vol.12, pp115-118, 2003
- 6) 巖網林・松崎彩：エコマップによる都市緑地のエコシステムサービスの評価, 地理情報システム学会講演論文集Vol.12, pp287-290, 2003
- 7) 本條毅, 高倉直：リモートセンシングによる都市内緑地の温

度分布の解析, 日本造園学会研究発表論文集, Vol.49, No.5,
pp299-304, 1986

8)名古屋市: 私たちの名古屋2002, 2002

9)名古屋市: 名古屋都市計画の歴史, 1990

10)名古屋市: 名都市計画概要2003, 2003

GIS ANALYSIS CONCERNING RELATIVITY OF SURFACE TEMPERATURE AND LAND USE IN NAGOYA CITY

Toshio KOBAYASHI, Sadatsugu NISHIURA and Mizuo KISHITA

The purpose of this study is to quantitatively evaluate the influence of various types of land use on the urban thermal environment. We used the following data for the study: surface temperature levels captured using ASTER, land and building use, and green area. We analyzed the relation between the temperature level and land use data in the city of Nagoya. With regard to land and building use, it was found that industrial, commercial, and business would use increase the temperature. On the other hand, green area, particularly tall trees, could cool the surrounding areas. Multi-variable analysis proved conventional theories on the relation between surface temperature and land use.