

## 都市温度に及ぼす土地利用の影響に関する研究 —札幌市とその周辺地域について—

秋山祐樹

### 1. 研究の背景と目的

現在、世界の主要都市は巨大化の一途を辿っておりそれに伴い都市の人口も急増している。都市の巨大化高集積化は都市機能の向上をもたらす半面、地表被覆の変化、高層建築物の増加、自動車や空調設備等からの排熱などの影響で都市気候の悪化も招いている。特に人口が50～60万人を超える規模になると都心部と郊外で大きい気温差が生じるヒートアイランド現象が顕著となる。都市で生活する人々に常に影響を及ぼし続ける都市気候を適正な状態に保つことは極めて重要といえる。本研究で取り上げた札幌においてもここ数十年で全球平均の数倍のペースで温暖化が進んでいる(図1)。

また都市気候やヒートアイランドに関する研究は温帯気候下以外では少ない。今後世界中で大都市が増加していく中、様々な気候下においてこうした研究を行い、その対策を準備しておくことは非常に意味のあることであり、本研究で扱う札幌も亜寒帯気候下の都市であるためこうした要求に答えられる。更に札幌でのこうした研究例は日本の他の大都市に比べ少ない。

これまでに気象学分野などから都市化と都市気候の変動については様々な研究がなされ、都市化に伴う都市部での温暖化は既に確認されている<sup>2)</sup>。また都市の地表状態と都市の気温や地表温度との関係についての研究も行われている<sup>3)</sup>。そこで本研究では都市化による都市気候の変動が起っているものとし札幌でヒートアイランド現象が顕著に発生していると思われる日時についての気象状態を把握した上で、都市を構成する様々な要素(本研究では都市構成要素と称する)が都市温度に与える影響を定量的に分析し、更に要素間の相互の影響を考慮した分析を行なうことで都市温度の上昇を効果的に抑制できる対策を探っていくことを目的とする。

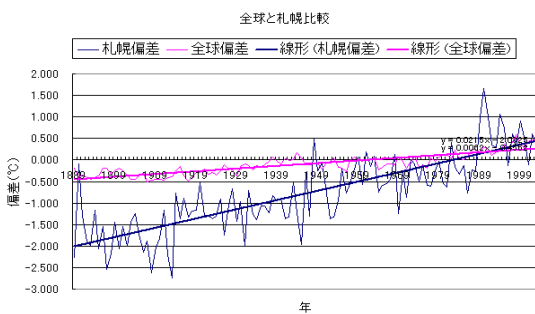


図1：札幌と全球の平均気温偏差比較

### 2. 分析方法

#### 2-1. マルチセンサーデータによる衛星画像の選定

本研究では札幌全域の都市温度と土地利用の状態の関係性を明らかにするために、人工衛星によって撮影された熱赤外リモートセンシング画像を用いる。この画

像は撮影地域全域の地表面温度を捉える事が可能であるが、分析を行うのに適した画像かどうかの選定が必要である。そこでまず札幌とその周辺の52箇所に設置された自動気象観測設備であるマルチセンサーのデータを用いて、1995～2004年のヒートアイランド現象が顕著に現れていると見られる年最高最低気温観測日時の気象状態を把握し、使用可能な衛星画像の撮影日時の気象状態と比較し衛星画像の選定を行う。

#### 2-2. 都市構成要素と衛星画像合成

次に衛星画像と都市の土地利用状態を決める様々な要素との関係を定量的に分析する。具体的には地表面温度と都市を構成する要素を同一のサイズ・座標系のメッシュで分割し、全てのメッシュに地表面温度と全ての要素の属性を与えていく(図2)。

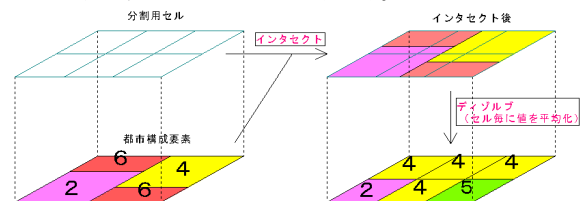


図2：メッシュ分割のイメージ(平均化の場合)

#### 2-3. 全要素を用いた重回帰分析

メッシュデータを基に地表面温度と各要素間の相関関係を明らかにし、更に全要素と地表面温度を用いた重回帰分析を行うことで、要素間の地表面温度に対する影響度を定量的に明らかにする。

なお、本研究で捉えた温度は気温ではなく地表面温度であるが、地表面温度と気温とは高い相関を持っていることも明らかになっているため分析結果は気温の場合とも近似していると言える<sup>4) 5)</sup>。

### 3. 分析

#### 3-1. 年極値日の気象状態の把握と衛星画像選定

年極値日の気象状態の分析から、ヒートアイランドが起っていると見られる日の特徴として石狩湾から都心部にかけての温暖域の発生、新札幌付近に微小な温暖域の発生、都市部付近の弱風化とその周囲の強風化、郊外での一様な方角への風向の発生と、都心部周辺の都心方向に向かおうとする風向の発生、などが確認できた。これらの特徴を元に衛星画像の撮影日時と比較した結果、2001年10月26日午後1時36分の画像が適当と判断できた(図3a, b, c 図4)。

#### 3-2. 都市構成要素と衛星画像合成

次に熱赤外衛星画像のデータと都市の土地利用を決める様々な都市構成要素を同一のメッシュに分割していく。都市構成要素は以下のものである。

- 地上階数データ
- 農地分布データ
- 森林分布データ
- 都市域植生分布データ
- 水域分布データ
- 舗装裸地分布データ
- 道路分布データ
- CO<sub>2</sub>排出量データ

地上階数データは札幌市内全域の建築物階数データ、CO<sub>2</sub>排出量データは道内全域の1kmメッシュ排出量、それ以外は分布域のポリゴンデータである。植生分布・水域分布についてはメッシュに含まれる総面積、地上階数・CO<sub>2</sub>排出量はメッシュ内のデータの平均値、舗装裸地分布については舗装面の有無、道路はメッシュ内の総延長で属性を与えた。

こうして作成したメッシュデータからメッシュ毎の地表面温度と各都市構成要素の値を得ることが可能となり、各要素と地表面温度の相関関係も得られる。この結果を元に全要素を説明変数とした重回帰分析を行い、要素毎の地表面温度に対する影響度と、メッシュ単位の潜在力を明らかにした。

### 3-3. 全要素による重回帰分析

全メッシュデータから重回帰分析を行った結果、植生による地表面温度への影響度が大きいことがわかる。札幌では都心部にある北大植物園や北海道大学、大通などの緑豊かな空地が極めて大きな効果を持っているためこのような結果となっていると言える。また地上階数の増加や交通関係の負荷が特に地表面温度上昇に寄与していることが分かる(図5)。

次にメッシュ単位では地表面温度に対してどの程度影響を与えることが出来るか、というメッシュ単位の影響度(本研究では潜在力という)を各要素が占めるメッシュ数と全メッシュ数の比率から算出した。潜在力を用いることでどの要素を充実、あるいは削減することで効果的に都市温度に影響を与えられるかが評価出来る(図6)。これは地域による差もあると思われるため、全域だけでなく、都心部と郊外代表地域を切り出して分析を行った(図7)。

全地域で植生の充実が地表面温度の上昇抑制に効果があり、また特に都心部では水域が極めて効果的に地表面温度抑制の効果を持つことが分かる。また全地域で舗装面分布が地表面温度上昇に大きく影響していることが分かる。都心部では高層建築物による影響は少ないことも分かる。

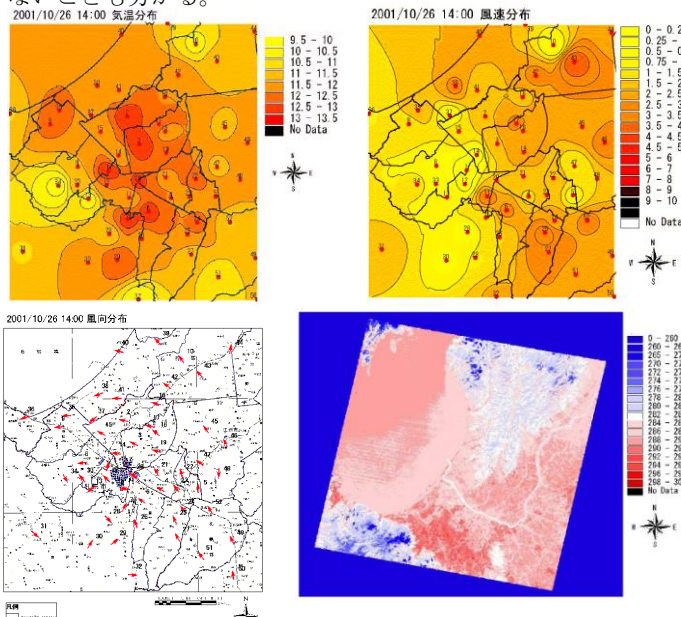


図 3a, b, c : 熱赤外 RS 画像の撮影日時の気温・風速・風向分布 (左上: 気温 右上: 風速 左下: 風向)  
右下) 図 4 : 熱赤外 RS 画像 (2001/10/26 13:36)

## 4. 結論

全域では地上階数や舗装面の増加を抑制し、植生を充実させることで地表面温度上昇の抑制効果を発揮することが出来る。都心部では意外にも階数の大小による影響は殆どないことが分かる。また都心部での水域による潜在力は郊外の4倍以上、植生では1.5倍程度となり、特に都心部では水域と植生の充実の効果が大きいことが分かる。またCO<sub>2</sub>排出量が都心部で負の方向に潜在力を発揮しており、エネルギー消費の多い地域で地表面温度が上昇するとは必ずしもはいえないことが分かる。郊外では全域の分析に近い結果となるが、何れの潜在力も正負共に小さく、札幌全域としての対策を講じることを考えると、都心部での対策を急ぐ方が効果的であることが分かる。

参考文献

- 1) 斎藤武雄「ヒートアイランド」 講談社 1997
- 2) 野口泰生「日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響」 天気 Vol141
- 3) 尾島俊雄「市街地空間の熱的環境に関する研究 その2 東京における熱的環境調査」1976
- 4) 近藤純正「地表面に近い大気科学」 東京大学出版会 2000
- 5) 藤網林「GISの原理と応用」 日科技連 2003

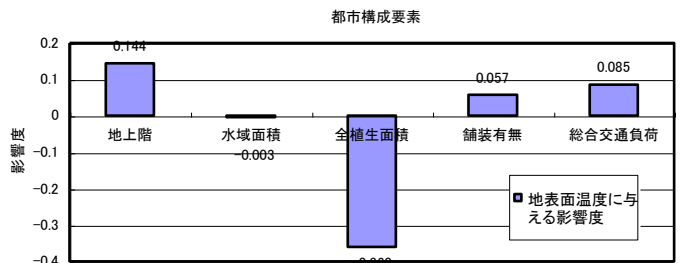


図 5 : 地表面温度に与える影響度

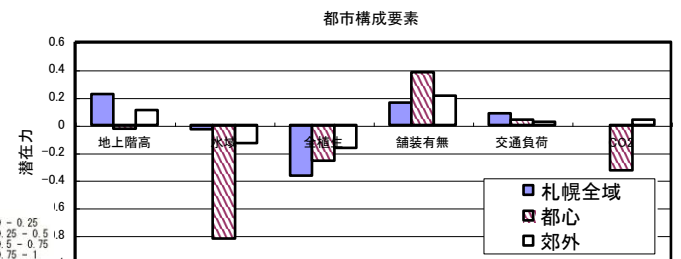


図 6 : メッシュ単位での地域毎の要素別潜在力

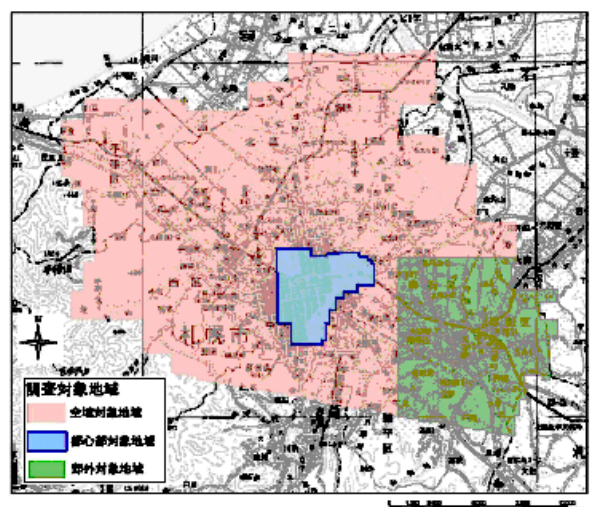


図 7 : 分析対象地域