

Landsat-TM データを用いた 土地被覆と地表面温度の関係の考察

環境リモートセンシング研究室 保科 敏弘
指導教官 向井 幸男
力丸 厚
高橋 一義

1. はじめに

都市部などの局所的な気温の上昇には土地被覆状態が要因のひとつとして挙げられている。現在、土地被覆状態と地表面温度の関係を把握することにより、地表面温度の上昇を緩和する試みが行われている。代表的な地表面の熱収支は、放出エネルギーとして地表から上向きの赤外放射 T_s^4 、蒸発による潜熱 iE 、顕熱 H 、それに地中(海の場合は海中)へ伝わる熱 G である。また、微小ではあるが植物の光合成が挙げられる。微小項を除いて地表面における熱収支式は、式(1-1)のようになる。

$$R_N = iE + H + G \quad (1-1)$$

ただし、 $R_N = (1 - A_s) S + L - T_s^4$

R_N : 正味放射量、 A_s : 地表面のアルベード、 S : 日射量、 L : 大気放射量、 G : 地中への伝道熱で、プラスの時は地中温度を上昇、マイナスの時は地中温度を下降させる。このように地表面温度と土地被覆状態には深い関係が存在する。

2. 目的

土地被覆が地表面温度を決定する際の大きな要因であるとき、その関係を式として表し、土地被覆状態の変化に伴う地表面温度の変化の様子を考察推測する事によって被覆状態が要因となる都市熱の発生を抑え、地表面温度を抑える工夫ができるのではないかと考えた。その際、リモートセンシング技術の特徴である広域性と地表面温度を視覚的に理解しやすい利点を利用し、解析を行った。また、広範囲を一度に観測でき(広域性、同時性)、一定の周期で繰り返して観測できる(反復性) 理由から、土地被覆調査や土地利用分類にリモートセンシングデータを利用することは日常的に行われている。本研究では、都市熱の抑制をひとつの方向から考察するも

のであるため、切り出し対象地域内のみをモデルとして解析を試みる。

土地被覆状態を裸地、水面地、森林、建造物、草地に分類し、それら5種の存在率と Landsat5-TM の熱波長帯域との間で重回帰分析を行う。重回帰式は、ある地点における地表面温度に周辺土地被覆要因が含まれると考えて、Landsat5-TM の熱波長帯域により観測された地表面温度: T 、局所領域内における裸地出現度: X_1 、水面出現度: X_2 、森林出現度: X_3 、人工建造物出現度: X_4 、草地出現度: X_5 としたとき、式(2.1)のように表される。

$$T = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + b \quad (2.1)$$

3. 対象地域・使用データ

本研究では、新潟県長岡市全域を含むように、北緯 37 度 34.4 分 ~ 37 度 18.5 分、東経 138 度 40.3 分 ~ 139 度 01.2 分で囲まれたおよそ南北 30km、東西 30km の地域を対称領域とした。図 3-1 に対称領域を示す。



図 3-1 研究対象領域
(R:Red,G:Green,B:Blue)

ヒートアイランドとは季節的には夏よりも冬の方が発達する特徴を持つが、長岡市は、12月中旬頃から3月中旬頃まで、空はほぼ毎日厚い雲に覆われており、積雪の影響で正確な土地被覆を観測することは不可能で、冬期の衛星データの収集は非常に困難である。秋期のデータは稲刈り時期を過ぎると、水田は農地・裸地などと区別することが難しいとされる。

使用したデータの観測時期は1999年8月1日である。四季を通じて一番変化が大きいと思われる水田については、この時期については、過去の研究から水田に水が張られていない時期で、安定している。しかし、水田と草地の判別が付きにくい欠点がある。

4. 解析方法

図4-1のような解析手順で地表面温度変化の考察を行った。

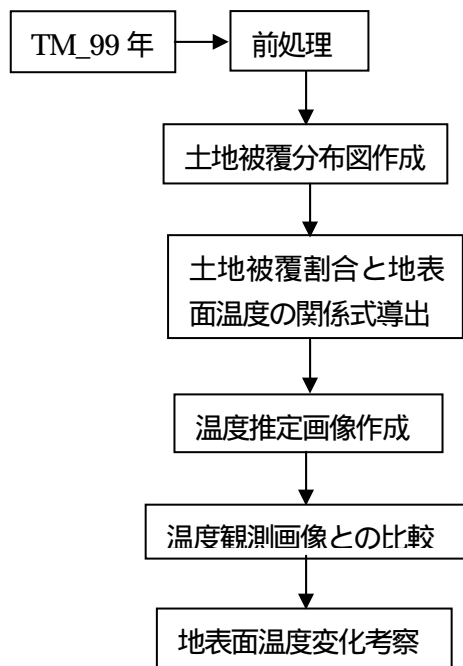


図4-1 解析の流れ

4-1. 前処理

- 基準点(GCP 点)を利用したアフィン変換法による幾何補正。
- 研究対象地域の長岡周辺地区 30km 四方の切り出し。
- 平均値(μ)、標準偏差(σ)のとき ($\mu - 2\sigma$) の値が輝度値 20、($\mu + 2\sigma$) の値が輝度値 220、の範囲になるような濃度変換。
- 最尤法による教師つき分類画像の作成。分類項

目は裸地、海、河川、針葉樹、広葉樹、市街地、住宅地、水田、草地。その後、地表面温度と土地被覆の関係式簡略化のため、裸地、水域、森林、人工建造物、草地の5種に統合。

4-2. 土地被覆分布図作成

熱波長帯域の分解能と土地被覆を対応させ、周辺土地状況の影響を含ませるため局所領域を 5×5 pixel (Landsat5-TM の分解能から $150 \text{ m} \times 150 \text{ m}$ 範囲)として、局所領域内の土地被覆割合を計算し、土地被覆分布画像を作成した。局所領域 5×5 pixel の範囲における各土地被覆の出現度を表す画像を図4-2に示す。

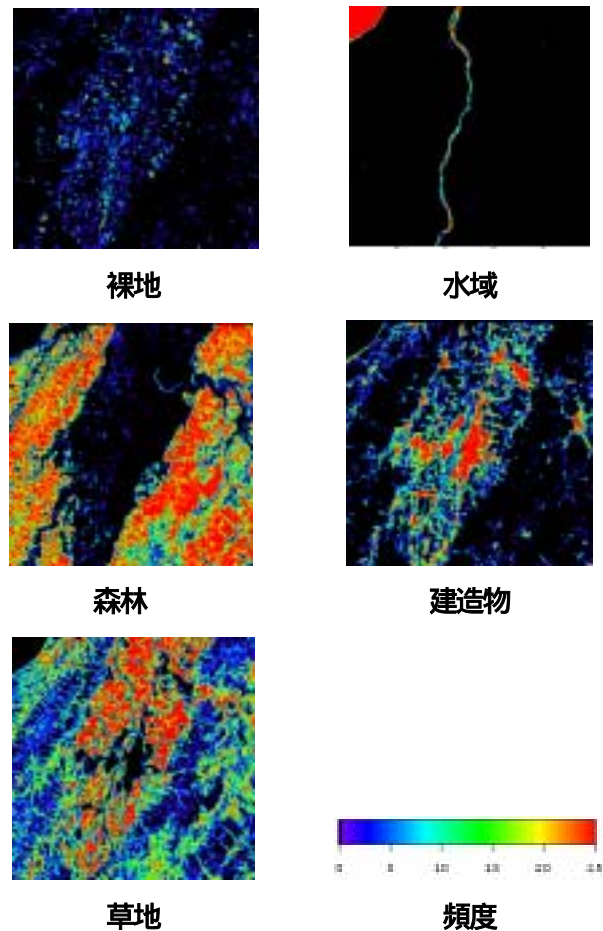


図4-2 土地被覆分布画像

4-3. 土地被覆割合と地表面温度の関係式導出

ある座標点(x, y)において、熱バンド量とその周辺局所領域における土地被覆の関係は、観測地表面温度(熱バンド値): T 、裸地出現度: X_1 、水面出現度: X_2 、森林出現度: X_3 、人工建造物出現度: X_4 、草地出現度: X_5 とすると、

$$T(x,y)=a_1X_1(x,y)+a_2X_2(x,y)+a_3X_3(x,y)+a_4X_4(x,y)+a_5X_5(x,y)+b \quad (4.1)$$

式(4.1)のように表されると仮定する。対象領域全体に対して、地表面温度（熱バンド値）とその周辺局所領域における土地被覆の関係を求め、係数 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, b$ を最小二乗法により決定する。よって、 $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 100\%$ の条件内で、土地被覆から地表面温度（熱バンド値）を推定することができる。

土地被覆分布画像から最小二乗法による行列を解くことによって、 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, b$ を得た。表 4-1 に土地被覆割合と地表面温度の関係式における係数を示す。

表 4-1 関係式における係数

裸地出現度係数 a_1	2.13
水面出現度係数 a_2	1.28
森林出現度係数 a_3	1.58
人工建造物出現度係数 a_4	2.31
草地出現度係数 a_5	1.66
切片 b	104.82

4-4 . 温度推定画像作成

推定温度画像は、式(4.1)に各座標点を中心とした 5×5 pixel の範囲における土地被覆割合をそれぞれの項に代入することによって得られる。

図 4-3 に Landsat5-TM から得られた観測温度画像、式(4.1)を利用した土地被覆割合からの推定温度画像を示す。

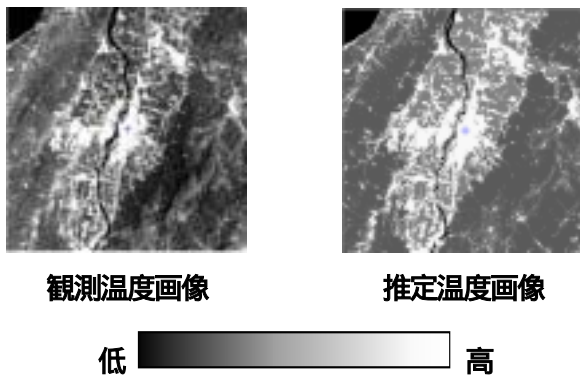
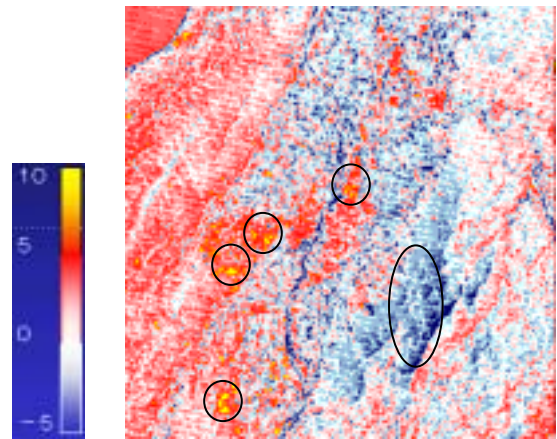


図 4-3 地表面温度画像

4-5 . 温度観測画像との比較

図 4-4 に観測温度画像から推定温度画像を引いた

差分画像を示す。



差分

図 4-4 熱画像差分

- 標本標準偏差：2.51
- 青色部分：観測温度画像 < 推定温度画像
- 赤、黄色部分：観測温度画像 > 推定温度画像

図 4-4 において、丸に囲まれた部分は特に差分が大きくなっている。差分画像は観測温度画像と推定温度画像の差であり、推定温度画像は対象領域全体における周辺土地被覆割合と観測温度の最小二乗法により決定された関係式を用いているので、その地域の地表面温度は特に土地被覆状態以外の要素にもよって決定されていることが推測される。以降、その要因について考察する。

図 4-4 中 に示された部分は森林地域であるが周辺よりも負の差分が生じて観測温度画像が推定温度画像よりも高い。True color 画像より植生部分の地表面の凹凸がはっきり確認できる False color 画像により確認すると、この部分は西向き斜面であり、本研究で利用した衛星写真は午前 10 時 30 分ごろに撮られたものであるため、周辺の東向き斜面に比べると暖まっていないことが原因で差分が生じている。

また、図 4-4 中 に示された部分は人工建造物であるが人工建造物と分類されている他の地域より、より高い正の差分が生じている。この地域は新産、川崎地区で、高速道路、国道 8、17 号の合流地点で交通量が多く、また新産地区は輸送業者が集合している。これらの理由から周辺の人工建造物と分類されている地域より観測温度画像が高いため差分が大きくなったと推測される。

そして、図 4-4 中 に示された部分はゴルフ場であり、草地地域であるが特に大きな差分が生じている。草地でもゴルフ場の芝生は水田の稲に比べ短い

ため地表面が温まりやすく、水田地域と比較すると地表面温度が高くなったために差分が大きくなったと推測される。以上のことから本研究で構築した土地被覆と地表面温度の関係式には、

- 山陰（地形）による地表面温度の違い
- 植生の相対的量の違い
- 人工排熱量の違い

の要素は含まれなかったと考えられる。

4-6 . 地表面温度変化考察

土地被覆状態を変化させることにより土地表面温度の変化を定量的に把握することによって地域環境の変化予想ができる。減少するとした土地被覆の局所領域内における出現度を 50%にした画像を用意し、減少した出現量を変化した土地被覆画像に加える。その後、推定式(4.1)によって地表面温度(熱バンド量)を算出し、土地被覆状態を変化させることにより変化した熱バンド量を温度に換算する。本研究では、次の4種の場合について考察した。それぞれ場合における地表面温度変化の様子を**土地被覆状態変化前推定温度画像 - 変化後推定温度画像**の差分として図 4-5,4-6,4-7,4-8 に示す。

- 裸地の 50 %が草地へ変化した場合(図 4-5)
- 草地の 50 %が裸地へ変化した場合(図 4-6)
- 草地の 50 %が森林へ変化した場合(図 4-7)
- 森林の 50 %が裸地へ変化した場合(図 4-8)

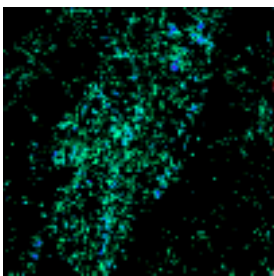


図 4-5 裸地 50%草地へ

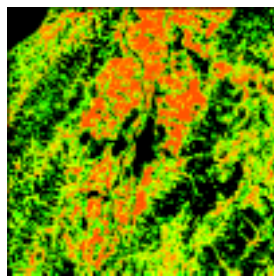


図 4-6 草地 50%裸地へ

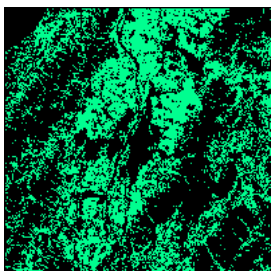


図 4-7 草地 50%森林へ

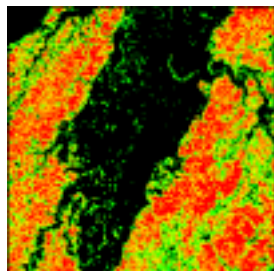
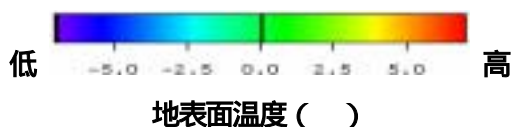


図 4-8 森林 50%裸地へ



対象領域内において土地被覆が変化した場合平均地表面温度は、

- 裸地の 50 %が草地へ変化した場合
約 0.17 減少した
- 草地の 50 %が裸地へ変化した場合
約 2.23 上昇した
- 草地の 50 %が森林へ変化した場合
約 0.36 減少した
- 森林の 50 %が裸地へ変化した場合
約 3.63 上昇した

これにより、土地被覆割合の変化による対象領域内の地表面温度変化の様子を定量的画像として捉えることができた。

5 . 結論

TM データを用いて土地被覆割合と地表面温度の関係式を導出し、その導出した関係式から温度推定画像を作成、観測温度画像との比較を行った。その結果、熱推定関係式は、山陰（地形）による地表面温度の違い、植生の相対的量の違い、人工排熱量の違いによる要因が含まれなかった。しかし、土地被覆割合の変化による対象領域内の地表面温度変化の様子を定量的に捉えることができた。

6 . まとめ・今後の課題

本研究において土地被覆割合の変化による対象領域内の地表面温度変化の様子を定量的画像として捉えることができたが、標高・斜面等の地理的要因、撮影時の気候条件を考慮することによって、信用性の高いモデルの構築ができ、土地被覆状態でなく、指標値と地表面温度の関係から推定モデルを構築する方法によって解析を行う方法が考えられる。

参考文献

- 1) 水環境の気象学-地表面の水収支・熱収支 (朝倉書店) 近藤純正
- 2) 地球観測データ利用ハンドブック-ランドサット編・改正版- (リモートセンシング技術センター)
- 3) 地球と都市の温暖化 (森北出版) 斎藤武雄