

ランドサットTMデータを利用した地温，含水比，強熱減量の推定

Estimation of the Soil Temperature, Water Content and Ignition Loss

Using Landsat TM Data

近藤文義* 中園健文* 稲垣仁根*

KONDO Fumiyoshi*, NAKAZONO Takefumi* and INAGAKI Hitone*

はじめに 土壌は，農業・農村が有する食糧生産と環境保全にかかわる多面的機能を代表する重要な資源である．人工衛星リモートセンシングを利用した土壌調査は，従来からの空中写真を利用した方法よりもデータの広域性，周期性，判読の容易性に優れている¹⁾．本研究では，リモートセンシングとしてランドサット5号のTMデータを利用して土壌調査を実施することを目的とする．この場合，TMデータから得られた情報に主成分分析と重回帰分析を導入する²⁾ことにより，土壌の種類にかかわらず地温，土壌水分量（含水比），腐植含有量（強熱減量）を比較的良い精度で推定することができたので報告する．

調査方法および土壌の物理的性質 調査地点として，宮崎大学付近の地域から6地点を選定した．調査日時は，1997年4月～8月である．ランドサット衛星の宮崎市上空通過時刻に合わせて，現地での地温測定および試料土採取は，ほぼ午前10時00分から正午までの間に行った．地温の測定は，携帯用のデジタル温度計を用いて深さ約5 cmの位置にて行い，含水比と強熱減量の測定は通常の土質試験の方法³⁾に準拠した．試料土採取地点の緯度と経度は，GPSによって測位した．農場普通畑A，B地区の畑作土は腐植を比較的多く含んでいるが，木崎浜海岸A，B地区の砂質土は腐植をほとんど含んでいない．また，清武川河口部空地と清武川グラウンドの土壌の物理的性質は，畑作土と砂質土のほぼ中間的な性質を示し，試料土の中では清武川グラウンドの土壌が最も均等係数が大きいのが主な特徴である．

多変量解析の方法 リモートセンシングデータから重回帰分析を行う場合，通常は各バンドのCC T値が説明変数として採用される⁴⁾．しかし，各バンドは波長帯を区切ったものであるため，隣り合うバンド間のCC T値には相関関係が存在し得る．本研究では，先ずTMデータのバンド1～5およびバンド7のCC T値についての主成分分析を相関行列の方法で行い，これら6つのCC T値を4つの主成分に集約した．Table 1は，得られた各主成分の累積寄与率である．重回帰分析においては，目的変数を地温（ $^{\circ}\text{C}$ ），含水比（ $\%$ ），強熱減量（ $\%$ ）とし，説明変数をバンド6，日平均湿度（ $\%$ ），日平均気圧（hPa），植生指数，酸化鉄指数，主成分1～4とした．なお，地温と含水比に比べて強熱減量は短期間に变化しない値であるため，地温と含水比の説明変数として採用した．説明変数の絞り込みには変数増加法を使用し，多重共線性をもたらす説明変数は解析の際に除外した．

多変量解析の結果と考察 Table 2は説明変数の一覧を示したものであり，Table 3は最終的に選択された説明変数と重回帰分析の結果を示したものである．地温，含水比，強熱減量の何れの場合においても1%水準で重回帰式のあてはまりは有意であるという結果を得た．地温については，バンド6のCC T値とは高い正の相関があり，また酸化鉄指数とは負の相関がみられた．特に，この場合はバンド6のCC T値が地温に最も強い影響を及ぼし

* 宮崎大学農学部 (Faculty of Agriculture, Miyazaki University)

キーワード：リモートセンシング，土壌調査，多変量解析

Table 1 Dependent variables (Y) and accumulated proportions calculated by principal component analysis

目的変数 (Y)	標本数	各主成分の累積寄与率			
		主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
Y ₁ : 地温 ()	19	0.629	0.834	0.904	0.966
Y ₂ : 含水比 (%)	19	0.629	0.834	0.904	0.966
Y ₃ : 強熱減量 (%)	15	0.587	0.858	0.961	0.994

Table 2 Independent variables (X) and dependent variables (Y) for multiple regression analysis

X ₁ : バンド 6 酸化鉄指数	X ₂ : 日平均湿度 (%) , 強熱減量 (%) , 主成分 1 ,	X ₃ : 植生指数 , 主成分 2 ,
X ₄ : 日平均気圧 (hPa) , 主成分 3 ,	X ₅ : 主成分 1 ,	X ₆ : 主成分 2 ,
X ₇ : 主成分 3 ,	X ₈ : 主成分 4 ,	
Y ₁ : 地温 ()	X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈ , X ₉ , X ₁₀	
Y ₂ : 含水比 (%)	X ₁ , X ₂ , X ₄ , X ₅ , X ₆ , X ₇ , X ₈ , X ₉ , X ₁₀	
Y ₃ : 強熱減量 (%)	X ₂ , X ₃ , X ₄ , X ₆ , X ₈ , X ₉ , X ₁₀	

Table 3 Selected independent variables, multiple regression coefficients, and partial correlations

目的変数 (Y)	標本数	説明変数 (X)	R	R ²	r	F 値	
地温	19		0.991	0.985			
		バンド 6				0.946	145.8
		酸化鉄指数				-0.270	16.8
		主成分 2			0.002	37.7	
含水比	19		0.877	0.820			
		バンド 6				-0.545	3.7
		強熱減量				0.685	15.0
		主成分 1				-0.376	15.2
		主成分 2			-0.182	3.1	
強熱減量	15		0.856	0.772			
		植生指数				0.686	11.5
		主成分 3			0.640	15.8	

R : 自由度調整済み重相関係数 , R² : 寄与率 , r : 偏相関係数

ていることが分かる。次に、含水比については、バンド 6 の CCT 値とは負の相関があり、強熱減量とは正の相関がみられた。これは、バンド 6 の CCT 値が小さい土壤ほど含水比は高く、強熱減量が高い土壤ほど含水比も高いことを示しており、水が近赤外域より長い波長帯ではほとんど反射しない特性を有していることに起因している。また、強熱減量と植生指数との間には正の相関があり、植生指数が高い土壤ほど強熱減量も高いことが示された。これは、強熱減量が土壤の腐植含有量を反映していることの裏付けでもある。

まとめ ランドサット TM データに多変量解析を導入し、地温、土壤水分量（含水比）、腐植含有量（強熱減量）を推定するための方法を検討した。まず、バンド 6 を除いた TM データの CCT 値についての主成分分析を行い、これらを 4 つの主成分に集約した。次に、これらの主成分を説明変数の一部として重回帰分析を行った結果、何れの場合においても 1 % 水準で重回帰式のあてはまりは有意であるという結果を得た。

引用文献 1) 福原道一・斎藤元也 (1986) : リモートセンシング技術の応用 (その 3) , 農士誌, 54(11), pp.59-64 2) 田中 豊・垂水共之他編 (1984) : パソコン統計解析ハンドブック (多変量解析編) , 共立出版, pp.1-37, 160-175 3) 地盤工学会編 (1990) : 土質試験の方法と解説, 地盤工学会, pp.49-53, 132-144 4) 斎藤元也・岡本勝男 (1996) : カラー解説農業リモートセンシング (秋山 侃・福原道一他編著) , 養賢堂, pp.123-136