

学 位 論 文 題 名

ランドサットTMデータを用いた畑土壌生産力要因の高精度・細密
評価法の開発とそれに基づく土壌管理法に関する研究

学位論文内容の要旨

畑作物の多収性を重視した集約農業は、化学肥料や農薬等の生産資材の多量投入を基本としている。作物ごとの均一な栽培管理を高度に効率的に行うために、基盤整備が行われ、さらに土壌改良が行われてきた。我が国では、5万分の1の基本土壌図をもとにした土壌改良対策図が作成されている。しかし、実際には、圃場ごと、さらに圃場内にも土壌生産力の不均一性が存在しており、均一な栽培管理を行うと、収量にむらが生じ、結果的に肥料や農薬等の生産資材が過剰施用となり、硝酸溶脱のように、環境への負荷も生じることも解ってきた。とくに、養分保持力や保水能を決める土壌の腐植含量、有効土層を決定する礫層の深さの土壌生産力要因は、立地条件に支配され不均一であり、土壌の水分条件を規制し、作物生産を不均一にする。しかし、このような土壌要因を土壌調査により細かく測定することは、労力的、経済的に困難を伴う。一部の土壌要因の測定データから、広域で、しかも圃場一枚の不均一性も把握できる手法の開発が要求されてきた。

ランドサット衛星に搭載されたセマテック・マッパセンサ（TMセンサ）は、可視域から赤外域の波長域において、地上を185kmの幅で一画素30m x 30mのサイズの画像が構築できるTM1バンドからTM7バンドのデータを供給する。衛星は16日に一度回帰し、時系列にデータが得られる。これまで植物の生育の分布状態の把握を中心に、その利用が試みられてきた。本研究は、TMデータから植物被覆の影響を取り除き、TMデータと土壌要因の関係付けを行い、そのTMデータを介して土壌要因を面的に評価し、圃場ごとの営農サポートを可能にするシステムの構築を北海道十勝畑作地帯において試みたものである。

1) 畑土壌の腐植含量の評価

裸地状態のさまざまな畑土壌25cmの腐植含量は、可視域のTM1, 2, 3および近赤外域のTM4のデータと有意な相関関係があった。その中でも、腐植含量の対数値はTM3データの対数値と高い相関関係をもち、3から16%の範囲の腐植含量を、0.3%の精度で回帰した。しかし、植生がある場合、TM3データはその影響を受ける。そこで、その画素のTM3データの対数値とTM4データの対数値の関係を取ることで、植生の影響を取り除く方法を検討し、その適用を試みたところ、十分な精度をもって広域的な推定が可能であることを認めた。

2) 土壌の水分状態の評価

さまざまな裸地圃場で時系列で測定した深さ10cmの土壌水分状態（水分吸引圧(kPa)およ

びpF、水分率)は、可視域および近赤外域のTMデータ、および腐植含量により有意に回帰された。乾燥地では、水による光吸収が良い中間赤外域のTM5データが、水分状態の把握に適していると言われている。しかし下層に水分を多く含む我が国では、下層からの水分供給が表層の水分状態に強く影響している。本回帰分析結果から、可視域のTMデータは下層土の水分供給能を反映していることを示したものと思われた。先に求めた腐植含量の推定値と、各項目に関わるTMデータを用いて、面的な土壌水分状態の把握が可能となった。

3) 土壌の水分容量の評価

土壌固有の水分特性値である土壌の有効水分容量は、乾燥時期と湿潤時期の水分状態の異なる2シーンのTM5データの差により有意に回帰された。このことは中間赤外域のTM5データが水による光の吸収を良く反映しているためである。回帰式から広域の有効水分容量の把握が可能になった。

4) 畑土壌の礫層の深さの評価

さまざまな裸地圃場で実測された礫層の深さは、乾燥した土壌条件における可視域のTM2、近赤外域のTM4、中間赤外域のTM5とTM7データにより有意に回帰された。可視域、近赤外域は下層からの水分供給を伴う表層の水分状態を反映し、中間赤外域は土層の水分量を反映している。すなわち、礫層の深さは下層からの水分供給を規制するとともに、その結果その深さまでの土壌に保持されている水分量を良く反映すると考えられる。そして乾燥時にその土壌間差が大きく現れることが、上記の関係を生み出したものと推察された。

5) 農業情報システムの開発と新評価図の総合的利用法

十勝中部で得られた推定式を用いて、十勝地方全域の畑土壌の腐植含量、土壌水分特性、礫深度の区分図を作成した。これら要因の現れ方は同じ土壌型でも異なるとともに、一枚の圃場においても異なっていた。このことは、従来の土壌図では到底確認できなかったことである。これまでの十勝の主要作物の収量データに基づき、腐植含量、有効水分容量および礫深度に関して、正常な生育・収量を得ることができる土壌要因強度の基準値を設定し、基幹作物の栽培適地が抽出できることを示した。さらに土壌要因の重ね合わせによって、生産性の制限要因を抽出できることを示した。これらを統合し、作物栽培適地と、制限要因の地理情報を提供する、コンピュータシステム「農業情報システム(AGRIST)」を構築した。

以上のように、ランドサットTMデータにより畑土壌の生産力要因としての腐植含量、水分特性、礫深度は高精度・細密に評価できることが明らかになったと共に、作成した区分図に基づいて作物の栽培適地の選定が可能となり、また障害要因を特定し、営農的サポートが適確に行えることを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 波多野 隆 介

副 査 教 授 堀 口 郁 夫

副 査 教 授 但 野 利 秋

副 査 教 授 松 田 豊

学 位 論 文 題 名

ランドサットTMデータを用いた畑土壌生産力要因の高精度・細密 評価法の開発とそれに基づく土壌管理法に関する研究

本論文は8章で構成され、図41、表28、引用文献150、総頁数114の和文論文で、他に参考論文16編が添えられている。

畑作物の多収性を重視した集約農業は、化学肥料や農薬等の生産資材の多量投入を基本としている。作物ごとの均一な栽培管理を高度に効率的に行うために、基盤整備が行われ、さらに土壌改良が行われてきた。我が国では、5万分の1の基本土壌図をもとにした土壌改良対策図が作成されている。しかし、実際には、圃場ごと、さらに圃場内にも土壌生産力の不均一性が存在しており、均一な栽培管理を行うと、収量にむらが生じ、結果的に肥料や農薬等の生産資材が過剰施用となり、硝酸溶脱のように、環境への負荷も生じることも解ってきた。とくに、養分保持力や保水能を決める土壌の腐植含量、有効土層を決定する礫層の深さの土壌生産力要因は、立地条件に支配され不均一であり、土壌の水分条件を規制し、作物生産を不均一にする。しかし、このような土壌要因を土壌調査により細かく測定することは、労力的、経済的に困難を伴う。一部の土壌要因の測定データから、広域で、しかも圃場一枚の不均一性も把握できる手法の開発が要求されてきた。

ランドサット衛星に搭載されたセマテック・マップセンサ(TMセンサ)は、可視域から赤外域の波長域において、地上を185kmの幅で一画素30m x 30mのサイズの画像が構築できるTM1バンドからTM7バンドのデータを供給する。衛星は16日に一度回帰し、時系列にデータが得られる。これまで植物の生育の分布状態の把握を中心に、その利用が試みられてきた。本研究は、TMデータから植物被覆の影響を取り除き、TMデータと土壌要因の関係付けを行い、そのTMデータを介して土壌要因を面的に評価し、圃場ごとの営農サポートを可能にするシステムの構築を北海道十勝畑作地帯において試みたものである。

1) 畑土壌の腐植含量の評価

裸地状態のさまざまな畑土壌25cmの腐植含量は、その対数値が可視域のTM3データの対数値と高い相関関係をもち、3から16%の範囲の腐植含量を、0.3%の精度で回帰した。さら

にTM3データの対数値とTM4データの対数値の関係に基づいて植生の影響を取り除く方法を検討しその適用を試みた結果、十分な精度をもって広域的推定が可能であることを認めた。

2) 土壌の水分状態の評価

さまざまな裸地圃場で時系列で測定した深さ10cmの土壌水分状態は、可視域および近赤外域のTMデータ、および腐植含量により有意に回帰された。一般には、水による光吸収の良い中間赤外域のTM5データが水分状態を反映すると考えられている。しかし下層からの水分供給も表層の水分状態に強く影響する。今回分析結果から、可視域のTMデータは下層土の水分供給能を反映したものと思われた。先に求めた広域の腐植含量の推定値を用い、面的な土壌水分状態の把握を可能にした。

3) 土壌の水分容量の評価

一方、土壌固有の水分特性値である土壌の有効水分容量は、水分量そのものを反映しており、乾燥時期と湿潤時期の水分状態の異なる2シーンのTM5データの差により有意に回帰された。

4) 畑土壌の礫層の深さの評価

さまざまな裸地圃場で実測された礫層の深さは、乾燥した土壌条件で得られた可視域のTM2データ、近赤外域のTM4データ、中間赤外域のTM5とTM7データにより有意に回帰された。礫層の深さは下層からの水分供給を規制するとともに、その結果その深さまでの土壌に保持されている水分量を良く反映すると考えられる。そして乾燥時にその土壌間差が大きく現れることが、上記の関係を生み出したものと推察された。

5) 農業情報システムの開発と新評価図の総合的利用法

十勝中部で得られた推定式を用いて、十勝地方全域の畑土壌の腐植含量、土壌水分特性、礫深度の区分図を作成した。これら要因の現れ方は同じ土壌型でも異なるとともに、一枚の圃場においても異なっていた。このことは、従来の土壌図では到底確認できなかったことである。これまでの十勝の主要作物の収量データに基づき、腐植含量、有効水分容量および礫深度に関して、正常な生育・収量を得ることができる土壌要因強度の基準値を設定し、基幹作物の栽培適地が抽出できることを示した。さらに土壌要因の重ね合わせによって、生産性の制限要因を抽出できることを示した。これらを統合し、作物栽培適地と、制限要因の地理情報を提供する、コンピュータシステム「農業情報システム(AGRIST)」を構築した。

以上のように、ランドサットTMデータにより畑土壌の生産力要因を広域にかつ細密に推定し、基幹作物の適地と営農サポートを明らかにした本研究は、学術的のみならず、実際の現場においても高く評価されている。よって審査員一同は、畠中哲哉が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。