

学 位 論 文 題 名

衛星データ、土壌情報および気象情報の組み合わせによる
土地生産力の評価に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、図52、表32、101ページからなる和文論文で、別に9編の参考文献が添えられており、その要旨は次のとおりである。

土地資源をその特性に応じて最大限に、かつ持続的に利用するためには、気象条件および土壌条件が作物生産に与える影響、すなわち土地生産力の成り立ちを理解することが不可欠である。また、広域を対象に客観的な土地生産力評価を実現するためには、評価に必要なデータの収集、蓄積、収量推定モデルによる評価結果の出力に至る一連の過程のシステム化が必要である。本研究は、衛星データを用いて、土壌の性質あるいは作物収量分布を推定し、これと土壌情報および気象情報等と組み合わせることによって、広域の土地生産力評価を迅速におこなうための手法を開発した研究である。

第1章は、土地生産力評価のシステム化における衛星リモートセンシングの意義と、農耕地に関するデジタルデータの現状についてとりまとめている。その結果、作物収量データの収集に障害があること、点のデータに用いられてきた従来の解析の手法は、衛星データの空間情報を活用するには不十分であることなど、克服すべき課題を指摘している。

第2章は、研究の対象地域である北海道石狩川下流地域について述べるとともに、既存の土壌調査データ、気象データおよび国土数値情報の前処理、解析に使用したハード・ソフトについて述べている。

第3章は、衛星リモートセンシングを用いた土壌データ収集の一環として、水田腐植含量の推定方法を検討している。水田表土の腐植含量は、水稻の被覆が小さく土壌が均一かつ水分で飽和している6月の湛水時のランドサットTMデータを用いて解析を行った。その結果、腐植含量はTM3の輝度値と最も相関が高かった。このTM3の輝度値と腐植含量の回帰式に基づいて、水田の腐植含量区分図を作成した。TM3の輝度値から推定した腐植含量は、1970年前後に作成された地力保全土壌図の腐植含量

よりも現状と良く一致した。また、腐植区分図はこの20年間における表土の腐植含量減少の実態を反映していた。このことから、湛水時のランドサットデータを用いた水田腐植含量の推定手法を、過去の土壤データの更新あるいは土壤の攪乱状態のモニタリングに用いることが可能と結論している。

第4章は、ランドサットTMデータおよびモス-1/MESSRデータを用いて、衛星リモートセンシングによる作物収量データの収集について検討している。春と秋の2時期の衛星データを使用した被覆分類の結果、境界画素の輝度値に周辺地目の影響があり、境界画素の除去処理を行うことが望ましいことを示した。市町村統計収量を目的変数、衛星センサの各バンドの輝度値や植生指数の市町村平均値を説明変数とした回帰分析を、小麦3ヶ年、水稻4ヶ年のデータセットについて行った。その結果、小麦については、出穂期前後のTM1、TM2の輝度値および正規化植生指数が収量推定に有効であり、解析に用いた3カ年を通してみると、5月下旬から6月の間に観測された正規化植生指数と収量に高い相関があった。水稻については、収穫期のTM2、TM4の輝度値および正規化植生指数が収量推定に有効であり、不稔が激発した冷害年には、クロロフィルの吸収波長に対応する赤波長単独で収量推定が可能であることを認めた。

以上、年次、地域的な制限はあるが、衛星データを用いた小麦および水稻収量地図の作成が可能であり、収量推定に有効な波長には、ある程度普遍的な組み合わせが存在することを示した。これまでのわが国における収量推定事例が、単年度の衛星データの解析にとどまっていたことからみると、これらはリモートセンシング技術の実用化に向けて重要な知見である。

第5章は、衛星データから得た作物収量について空間分布の特徴を検討するとともに、第2章、第3章で収集した土壤・気象情報を組み合わせて立地条件と収量の関係を解析した。その結果、セミヴァリオグラムのレンジを指標とした収量変動の空間スケールは、冷害年の水稻で100 kmを越える大きさであり、傾向面で表される収量変動の全体的傾向は、対象地域における平均気温の分布とよく対応していた。小麦では、収量変動の全体的傾向と気象条件から計算されるポテンシャル収量の間有意な相関が認められず、空間的にランダムな収量変動の割合が大きいことから、気象・土壤条件が類似した条件下においても、地点間に大きな収量差があると解釈できることを示した。空間的にランダムな収量変動は、収量と土壤・気象データとの関係を解析する際の障害となるが、小麦の場合、移動平均処理によって、収量変動に対する土壤要因の説明寄

与率が顕著に増加することから、移動平均処理を施すことによってこの障害を回避できることを示した。移動平均の最適なウィンドウサイズは、対象とする土壌要因の空間スケールによって異なることが認められ、作物の収量制限要因を検討する際には、対象とする要因の空間スケールを考慮することが重要と推論している。

水稻収量と気温・土壌分布に対する共分散分析の結果、平均気温の違いに対する収量の反応が土壌群によって異なることが示された。その原因は土壌群間の肥沃度の違いにあると考えられ、低温条件下で水稻の減収程度が小さくなるための土壌条件が示された。今後、観測を反復することにより、気象変動に対応したきめこまかな適正肥沃度の設定が可能になるとともに、減収の確率を考慮したリスク管理にも道が開かれるものと思われる。小麦では、移動平均後の収量データと土壌データを用いた分散分析、回帰分析の結果、少雨年における土壌群別収量の序列が、小麦に対する土壌の水分供給力の序列を反映していることが示された。この評価は、排水性を重視した既往の転換畑の土壌評価とは必ずしも一致せず、対象地域においては、6・7月の乾燥を考慮した適性評価が必要と考えられた。

以上、傾向面およびセミヴァリオグラムを用いた収量の空間分布の特徴把握、傾向面で示されるマクロな収量変動と気象条件との関係の解析、2次元の移動平均による空間的にランダムな収量変動の除去、共分散分析あるいは分散分析による立地条件と収量の関係解析に至る一連の手順を提案した。

第6章は第5章までの結果を総括し、土壌および作物に関するデータ収集上の障害を衛星リモートセンシングによって克服し、空間的なデータ解析の手法を導入した土地生産力評価システムについて考察している。さらに、その適用例として、土壌と作物収量の関係が、気象条件の違いに対応してダイナミックに変化することを水稻と小麦の事例で示している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 堀 口 郁 夫

副 査 教 授 松 田 豊

副 査 教 授 波多野 隆 介

学 位 論 文 題 名

衛星データ、土壌情報および気象情報の組み合わせによる

土地生産力の評価に関する研究

本論文は、図52、表32、101ページからなる和文論文で、別に9編の参考文献が添えられている。

広域的な農耕地の土地生産力を迅速に精度よく評価するためには、種々のデータを有機的に組み合わせる手法の開発が必要である。この研究は衛星データで土壌の性質や作物収量分布を推定し、このデータと土壌情報および気象情報などを組み合わせて、広域の土地生産力の評価を迅速におこなう手法を開発した研究である。

第1章は「緒論」で、この研究の目的、既往の研究、土地生産力評価のシステム化に利用可能なデータとその特徴の記述である。

第2章は「研究対象地域、使用データおよび解析装置」の記述である。研究対象地域は北海道石狩川下流地域の16万6000haで、この地域は北海道の農耕地の約16%、水田面積の約48%をしめている。使用したデータは衛星データ、国土数値情報、土壌データ、メッシュ気象データで、これらのデータについて解析に使用するための前処理を記述している。

第3章は「衛星リモートセンシングによる土壌情報の収集」である。リモートセンシングによる土壌情報の収集は、表面が裸地の状態であることが望ましい。しかし、農耕地においては裸地の期間はきわめて短く、この期間に衛星データが取得出来るかどうか不明である。そのため著者は湛水状態時の水田の腐植含量の推定法を開発した。すなわち、水稻の被覆率が小さい6月の湛水時のランドサットTMデータを用いて解析した結果、TMバンド3の輝度値と腐植含量が高い相関があることを示し、この両者の回帰式を用いて、解析対象地区の腐植含量区分図を作成した。推定した腐植含量と、1970年前後に作成された土壌図データとの比較から、本手法を土壌の攪乱状態のモニタリングに用いることが可能であると結論した。

第4章は「土地生産力評価のための作物収量の推定」である。衛星リモートセンシングによる作物収量データの収集について、他の地目との境界画素の除去処理を行うことによって精度の高い予測法を開発した。さらにこの方法を用いて、複数年の衛星データについて解析し、収量推定に有効なバンドおよびその再現性について検討した。その結果、水稻および小麦の収量推定には、可視・近赤外波長域の役割が大きいこと、水稻では不稔が激発した冷害年は、赤色バンドのみで収量推定が可能であることを認めた。これまでのわが国における収量推定では、単年度のみの衛星データの解析であったが、衛星データを用いた水稻および小麦収量推定に有効な波長は、ある程度普遍的な波長の組み合わせが存在することを示した。

第5章は「作物収量の空間分布の特徴および気象・土壌条件との関係」である。衛星データから得た作物収量について空間分布の特徴を検討するとともに、第2章、第3章で収集した土壌・気象情報を組み合わせて立地条件と収量の関係を解析した。その結果水稻では、収量変動の空間スケールは、冷害年の水稻で100kmを越える大きさであり、傾向面で表される収量変動の全体的傾向は、平均気温の分布とよく対応していた。また、収量と気温・土壌分布に対する共分散分析の結果、平均気温の違いに対する収量の反応が土壌群によって異なることを示した。その原因は土壌群間の肥沃度の違いにあると考えられ、気象条件下で水稻の減収量が小さくなる土地生産評価条件が示された。この結果は、気象変動に対応した適正肥沃度の設定および減収量の確率を考慮したリスク管理に応用できる。

小麦では、空間的に収量変動の割合が大きく、気象・土壌条件が類似した条件下においても、地点間に大きな収量差があることを示した。空間的にランダムな収量変動は、収量と土壌・気象データとの関係を解析する際の障害となるが、面的な収量データに対して移動平均処理を施すことによってこの障害を回避できることが示された。移動平均後の収量データと土壌データを用いた分散分析、回帰分析の結果、土壌の水分供給力を考慮した土地生産力評価が必要なことを示した。

第6章は「総合論議」で、第5章までの結果を総括し、土壌および作物に関するデータ収集上の障害を衛星リモートセンシングによって克服し、空間的なデータ解析の手法を導入した土地生産力評価システムについて考察している。

以上のように本研究は、衛星データ、土壌情報および気象情報を組み合わせた土地生産力の評価方法を確立した研究である。この成果は、学術的ならびに実用的に高く評価される。よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者 志賀 弘行は、博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。