

圃場管理システム構築のための コンバイン収量計測装置の開発

学位論文内容の要旨

1. はじめに

食料自給率向上のために、穀物生産における農業生産性の向上が要求されており、低コスト化を図るため農業経営体の大規模化が進んでいる。大規模化による管理圃場の爆発的な拡大は、従来行われてきた圃場毎のきめ細やかな管理を難しくしており、生産性の低下が危惧されている。近年、効率的な圃場管理を行うため、GISを利用した管理システムの導入が進んでいるが、栽培管理を行うための基本的なデータである収穫情報を低コストで精度良く収集する手段に乏しい。また、現在欧米で普及している収量モニタは大型コンバイン用であり、狭小圃場を中心とした水田輪作を主体とする農業経営体への導入は難しい。

そこで、本研究では、農業経営体における効率的栽培管理に資するため、圃場管理システムの構築を行うことを目的として、コンバイン収量計測装置の開発を行った。まず最初に、既存の収量調査法に着目し、原理的に同等な計測手法を用いるメッシュ毎の収量計測装置の開発を行い、装置に最適な作業法を用いることで慣行の収量調査法と比較して精度が同等で高い能率で行えることを明らかにした。また、サンプリング面積の拡大により、収量変動の把握により適していることを示した。次に農業経営体の利用を前提とした圃場単位収量計測装置の開発を行い、構造が単純な収量計測手法により、既存コンバインへの設置が容易で、圃場毎の収穫データを必要十分な精度で低コストかつ効率的に収集可能なことを示した。また、圃場収量計測装置から得られたデータを元に収量マップ作成を行うデータ処理手法を開発した。最後に装置を圃場試験に供して得られた収量データの解析を行い、圃場管理システムへの収量マップの利用方法について検討した。

2. メッシュ毎収量計測装置の開発

坪刈り法と同等の精度で収量マッピングを行うため、自脱型コンバインのグレンタンク内部に設置した計測用ホoppaを利用したメッシュ毎収量計測装置を試作した。ホoppa全体の質量を引張型ロードセルにより推定誤差 1.8%で測定し、穀粒の含水比を水分計により 1%w.b.以内で推定する。圃場試験結果から、質量測定の誤差は最大 2.0kg、標準偏差は 3.4%、水分測定の結果はコムギでは標準誤差は 2.9%w.b.、水稻籾では標準誤差は 3.2%w.b.であり、質量測定誤差と合わせて、収量計測の標準誤差は 5.5%である。

3. メッシュ毎収量計測装置の作業能率および収量マップ評価

メッシュ毎収量計測に適した作業方法を提案し、作業効率の検討と収量マップ評価を行った。10×10m メッシュの調査には約 6～8 分必要であり、コンバインの収穫作業時間と比較して約 4 倍必要である。同一調査点数の坪刈法による収量調査と比較して、圃場内の作業時間はほぼ同等であるが、収量算出に要する時間を含めると約半分になる。収量調査では坪刈法と比較して平均値に差異は認められないが、メッシュ値および変動は大きく異なるため、本手法は収量分布を評価する手法として有効であった。

4. 圃場単位収量測定装置の開発

市販のコンバインに容易に外付け可能で低コストな圃場収量計測装置を試作した。アンローダ先端に設置された光電センサの ON/OFF により排出時間を推定し、排出速度との積を計算することで収穫量を推定できる。安定期における排出速度が穀粒の見かけ密度の関数で有ることを示し、穀粒水分から排出速度が推定可能であることを示した。水分がほぼ一定条件の基礎性能試験では、水稻籾、コムギ、オオムギ、大豆についてアンローダの排出速度の変動は少なく、標準偏差は 1.0～2.8%であった。水分が大きく変化する営農現場で行った圃場収量計測試験では、排出速度の変動は大きかったが、収穫水分を利用した補正を行うことで外れ値を除いた収穫質量の推定誤差は大きさが異なる 2 種類のコンバインそれぞれについて±20%、±10%以内であった。

5. 圃場単位収量計測装置のデータ処理手法の開発

圃場収量計測装置から得られたデータを元に収量マップ作成を行う GIS データ処理手法を開発した。移動軌跡を収穫作業幅をグリッド幅とした 2 値画像化を行い、画像処理を利用した判別を行うことで圃場内移動の領域を 76%の完全一致率で認識可能なことを示した。圃場区画と認識領域とのマッチングを行うことで、相対オフセットの補正を行うことができた。複数の圃場収穫における個別圃場収量推定誤差が収穫面積比に依存することを明らかにし、グレンタンクの内容量と圃場収穫量の比から 3000m²の標準区画圃場において国産のコンバインを利用する際には大きな問題にならないことを示した。各圃場をメッシュに分割して、移動軌跡のメッシュ値の相対変化を利用して収穫面積を計算する手法を考案した。GIS 上の圃場区画ファイル、圃場収量計測装置の収量計測データ、校正値ファイルから個別圃場毎の収量を算出する収量計測プログラムにより収量マップの作成が可能になった

6. 収量マップの利用法について

メッシュ毎収量計測装置で作成した収量マップと穀粒サンブラを利用して作成した品質マップは圃場の地力や土壌水分の影響等を考察でき、精密農業における局所変動が少ない要因の解析や作業幅の大きい施肥作業効果の検証等に適していると判断した。7 台の圃場収量計測装置を導入した農業生産法人において、排出時間と荷受量から線形多重回帰により基準排出速度を求めることができ、排出質量と荷受量との誤差は 4%であった。また、排出速度は品種毎に異なるが、補正係数を導入することで、収穫条件が悪化している高水分条件以外では、荷受量の推定誤差が 10%以内に収まっていた。圃場収量計測装置により作成した収量マップは、測位誤差やオフセット補正誤差から 200g/m²以下の極端に低い収量や 1000g/m²を超える極端に高い収量が出現する。圃場毎収量データの分布は各設定条件により異なるが、収量メッシュ幅 2.0m、収穫面積率 10%の場合の分布が最も正規分布に近い分布となった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 野 口 伸
副 査 教 授 柴 田 洋 一
副 査 准教授 石 井 一 暢
副 査 准教授 海 津 裕

学 位 論 文 題 名

圃場管理システム構築のための コンバイン収量計測装置の開発

本論文は、全7章からなる総頁数 161 ページの和文論文である。論文には図 73, 表 14, 引用文献 71 が含まれ、別に参考論文 5 編が添えられている。

食料自給率の向上のために、穀物生産における農業生産性の向上が要求されており、低コスト化を図るため農業経営体の大規模化が進んでいる。大規模化による管理圃場の爆発的な拡大は、従来行われてきた圃場毎のきめ細やかな管理を難しくしており、生産性の低下が危惧されている。近年、効率的な圃場管理を行うため、GIS を利用した栽培管理システムの導入が進んでいるが、基本的なデータである収穫情報を低コストで精度良く収集する手段に乏しい。そこで、本研究では、農業経営体における効率的栽培管理に資するため、圃場管理システムの構築を行うことを目的として、コンバイン収量計測装置の開発を行った。

まず最初に、既存の収量調査法と原理的に同等な計測手法を用いて、メッシュ毎の収量計測を効率的かつ省力的に行うメッシュ毎収量計測装置の開発を行った。自脱型コンバインのグレンタンク内部に収穫した穀粒を一旦貯留する計測用ホoppaを設置し、ホoppa全体の質量を引張型ロードセルにより誤差 1.8%、穀粒の含水比を内蔵した静電容量式水分計により誤差 1%w. b. 以内で推定する。2001~2003 年度にかけて行った圃場試験結果から、質量測定 of 誤差は最大 2.0kg, 標準偏差は 3.4%, 水分測定の結果はコムギでは標準誤差は 2.9%w. b., 水稻粳の標準誤差は 3.2%w. b. であり、質量測定誤差と合わせて、収量計測の標準誤差は 5.5%と高精度に推定できた。

メッシュ毎収量計測に適した作業方法により、10×10m メッシュの調査では通常の収穫作業と比較して約 4 倍の時間が必要であるが、坪刈法と比較して、約 1.3~1.9 倍の能率で調査が行えた。坪刈法と比較して収量データの平均値に差異は認められないが、メッシュ値および変動は大きく異なるため、本手法は収量分布を評価する手法として有効であった。

次に、営農場面での利用を想定して市販のコンバインに容易に外付け可能で低コストな圃場収量計測装置を試作した。アンロード先端に設置された光電センサにより排出時間を測定し、排出速度との積を計算することで収穫量を推定する。水分変動が少ない場合、水

稲粃、コムギ、オオムギ、大豆について排出速度の標準偏差は1.0~2.8%とほぼ一定値であった。水分の変動が大きい場合、排出速度の変動は大きかったが、収穫水分を利用した補正を行うことで質量の推定誤差は大小異なるコンバインそれぞれについて±20%、±10%以内であった。

圃場収量計測装置から得られたデータを元に収量マップ作成のためのデータ処理手法を開発した。主に測位誤差に起因する圃場区画と軌跡の相対オフセットの問題を画像処理を利用して移動軌跡から圃場内移動の領域を76%の完全一致率で認識し、圃場区画に対するマッチングを行うことで解決した。移動軌跡が通過する圃場区画のメッシュ値の相対変化を利用して収穫面積を計算することにより、排出毎の収穫量から圃場毎の収量を算出した。以上の手法により、GIS上の圃場区画ファイルと計測データから自動的に圃場毎の収量を算出する方法論を確立した。

メッシュ毎収量計測装置により作成した収量マップと品質マップにより、圃場の地力や土壌水分の影響等を考察できた。農業生産法人に導入した圃場収量計測装置では、荷受量から線形多重回帰により基準排出速度を求めることができ、品種毎の補正係数を導入することで、収穫条件が悪化している高水分条件以外で、荷受量の推定誤差が10%以内に収まっていた。圃場毎の収量マップは地形や水圏や土壌といった広域的なデータとして考察することができ、収量データの分布も正規分布に近かった。

本研究は圃場管理システム構築のために、コンバイン収量計測装置の開発を行った。メッシュ毎収量計測装置は、精度が高く従来の収量調査法に代わる圃場内の収量・品質の要因解析といった用途に適する。圃場毎収量計測装置は既存のコンバインへの設置が容易で低コストな装置とそれに対応したデータ処理手法の確立により、営農現場における収量を基準とした圃場管理システムの端緒となるものである。

以上のように本研究は圃場データ管理に関わる研究として高いオリジナリティととともに実際問題とも深くかかわる研究内容である。よって審査員一同は、建石邦夫が博士（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。