

「圃場作業運転支援用 GPS ガイダンスシステム」（普及推進事項）

北海道農業研究センター水田輪作研究チーム
執筆担当者 井上慶一

開発したガイダンスシステムは、圃場におけるトラクタ作業において、圃場条件、作業条件に応じて効率的な作業経路をメニュー方式で作成し、トラクタに搭載した GPS によって位置、速度、方向情報をノートパソコンに取り込み、圃場内の目標走行経路、位置、速度、方向、および 0.5~3 秒後のトラクタの位置、目標ラインからの変位、方向を計算して作業者にわかりやすくグラフィックに表示し、安定して精度の高いトラクタ作業の運転操作を支援する。

1 試験目的

農家戸数が年々減少する中、1 戸当たりの経営面積の増大、熟練者不足により、益々省力で高速かつ高精度作業が求められている。大規模な圃場では目標が少なく、トラクタを作業幅に応じて等間隔に直進走行させることは熟練した作業者でも難しい。従来のガイダンスシステムでは、GPS の変動誤差や運転操作の時間遅れによる蛇行運転への対策が十分ではない。そこで、衛星の補正情報を受信できるディファレンシャル GPS と 3 軸ジャイロを組み合わせ、フィルタリング処理と予測により、一定時間後の作業機の位置と方向を高精度にディスプレイに表示して、長時間作業でも安定したトラクタの高精度な運転操作を支援する走行予測表示機能のあるガイダンスシステムを開発する。

2 試験方法

- (1) GPS と姿勢センサ（方位センサ内蔵の 3 軸ジャイロ）とノート PC、外付け液晶パネルを接続し、GPS の位置、速度情報を PC に取り込み、圃場区画、作業条件に応じて目標作業経路を表示し、現在位置、進行方向、作業速度、作業範囲をリアルタイムに表示するガイダンスシステムを開発し、圃場において各種作業試験を行う。
- (2) 姿勢センサの方向データと GPS の位置、速度情報から、フィルタリングしたシステムの位置、方向、速度データの精度を調べるため、位置精度の高い RTK-GPS と 3 軸 FOG 姿勢計測装置を搭載し、圃場を走行して精度を検証する。また GPS 単体においてもフィルタリングを行い、安定性を検証する。
- (3) 開発したガイダンスシステムを用いて、北農研圃場、現地での広幅施肥機による小麦の追肥作業試験、大規模圃場での粗起こし作業試験、融雪剤散布作業試験などでの実証試験でシステムの実用性を検証する

3 試験成績



図1 トラクタに装着したガイダンスシステム



図2 前面に取り付けた液晶タッチパネル（8.4inch、吸着パッドで取り付け可能）

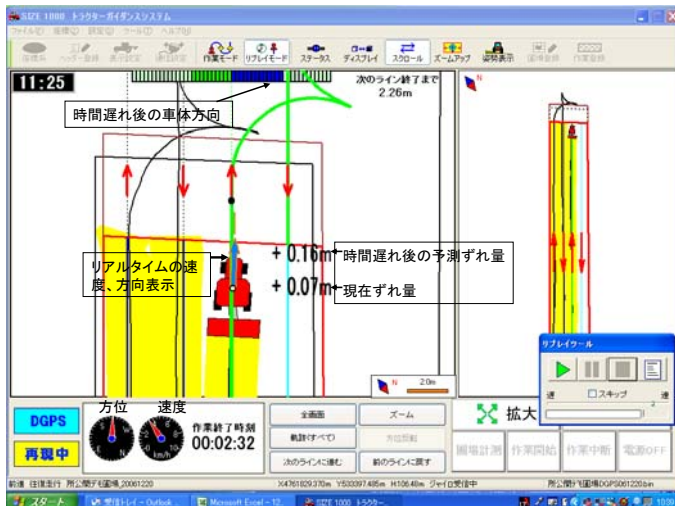


図3 走行予測表示機能のあるトラクタガイダンスシステムの表示画面

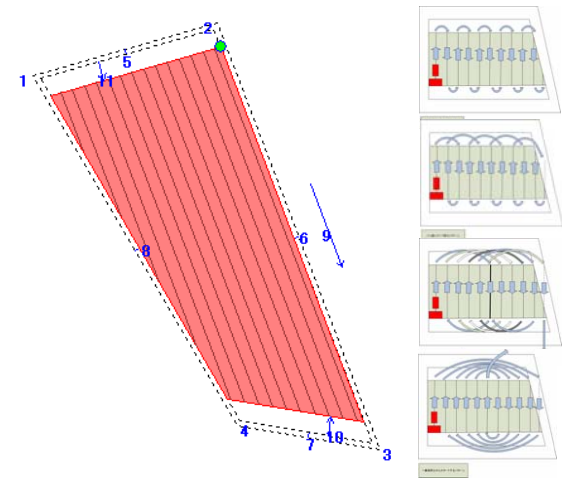


図4 作業方法の設定方法
4 隅の圃場区画に対して作業範囲、作業方向、作業開始点(●印)、作業幅、走行モード(往復、まわり、中割、周回)を設定すると、作業経路を自動生成する

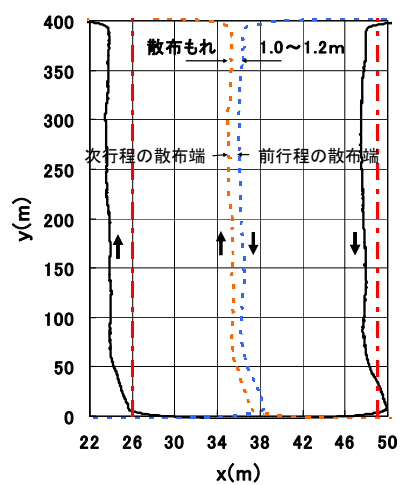


図5 慣行法(ポールを目印)での肥料散布(散布幅23m)の往復時の散布もれ

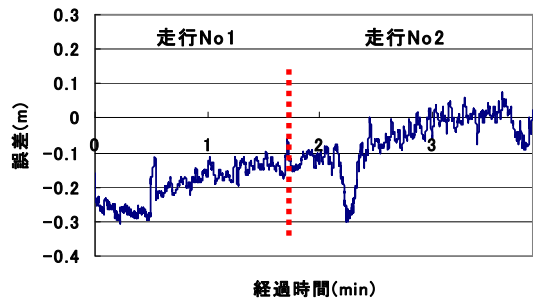


図6 フィルタリング処理した進行横方向位置データの精度(RTKGPSとの差)

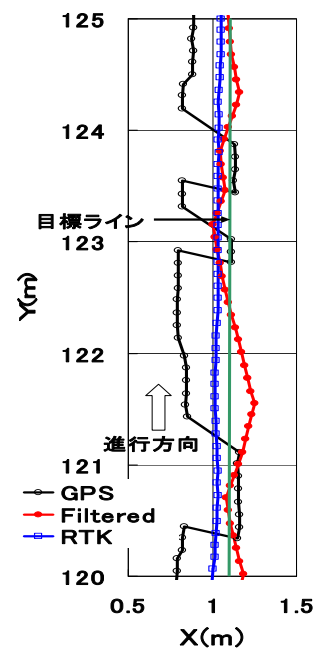


図7 走行中のフィルタリング処理した計算位置とDGPS生データの表示位置の比較、RTK(精度2cm)

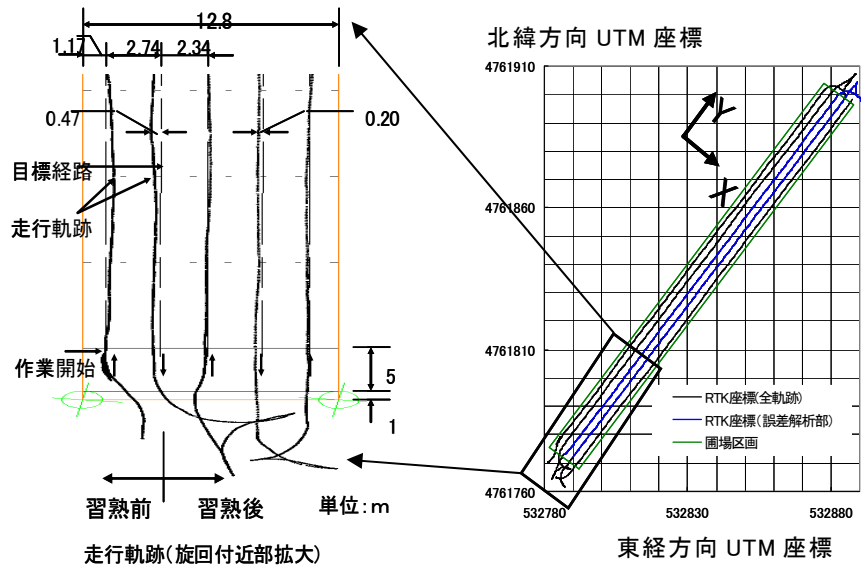


図8 ガイダンスシステムを利用してトラクタ往復走行した軌跡(羊ヶ丘、長辺約160m圃場、播種作業幅2.56m、作業機中心とトラクタ中心のオフセット0.1m、RTK-GPSによる軌跡)



図9 広幅施肥機による小麦の追肥作業

4 試験結果及び考察

- (1) 作業条件・圃場情報、作業方法の登録・修正、GPS情報のリアルタイム表示、各種の座標系、目標作業ライン表示、作業軌跡表示、自動画面スライド、自動作業記録・リプレイ機能、運転操作状態予測誘導表示、転回ガイドライン表示、シェープファイル背景図読み込み、方位視点切り替え、複数画面表示、タッチパネルによる簡単入力などの機能を有するグラフィックユーザインターフェース（GUI）の運転操作支援ガイダンスを開発した（図1、2、3、4）。
- (2) 慣行法のポールを目印にした小麦の追肥作業（散布幅23m）で、散布軌跡をGPSで調べた結果、一部で最大1.2m程の散布もれがあった（図5）。一方、ガイダンスでは、現場で確認でき修正可能で0.4m以下であった。
- (3) GPSの位置、速度データとジャイロの方向、姿勢データをフィルタリングし、精度を向上させることができた（図6、7）。GPSデータが取得できないときにもデッドレコニング（内界センサ等で位置認識を行うこと）で短時間の間で位置、方向表示が可能である。作業中の表示位置誤差はRMS15cm、±40cm以内である。GPS単体でも平坦地では、位置誤差は同程度であったが、方向表示の応答性と精度は若干劣った。
- (4) リアルタイムの位置、速度、方向の表示に加えて、運転操作の時間遅れを考慮して、一定時間（0.5～3秒の範囲で設定）後の車両位置、目標ラインからの変位、方向を計算して走行を予測し、走行状況を視覚的に表示する。これによって早めに走行方向のずれを修正することができ、蛇行を防ぐことができた。
- (5) 本システムを利用してトラクタ往復走行を行う場合、目標作業経路からのずれ（運転精度）を±20cm以内とし、設定した任意の作業幅の等間隔作業ができる。慣れるに従い追従精度を向上でき、作業幅に応じて一定間隔の平行作業ができる。
- (6) 現地農家での利用試験では、始めは画面の表示にとらわれて蛇行したが、1往復して慣れると作業精度が向上し、小麦追肥、粗起こし作業とも実用性が高いことを確認した（図8）。表示画面をトラクタパネル前面に設置して前方視野に入った方が視点をずらさずにすみ、直進が保たれる。圃場端での転回ガイドライン表示により、スムーズに次行程に進入でき、転回時間を5～10秒（移動距離によって異なる）に短縮できた。
- (7) 1行程距離の長い作業や傾斜地、マーカの使用できない作業でも高精度な往復平行直進作業や中割り、飛び越し作業が可能で、追肥や牧草転草作業に有効である。
- (8) 背景図を参照することにより、道路、圃場区画、側溝、障害物等を認識しながら融雪剤散布等の作業を安全に行うことができる。
- (9) 圃場区画の地図取得としてGoogle Earthを利用して圃場マップ、ガイダンス背景図作成を行った。

5 普及指導上の注意事項

- (1) ノートPCは、振動対策を施したものであれば、Windows XP、VistaのノートPCで可能であるが、メンテナンスの関係から、Panasonic tough book CF4を推奨している。装置一式は、載せ替え可能である。
- (2) 平坦地で姿勢センサによる傾斜補正を必要としない場合など、GPS単体での利用も可能である。その場合、方向表示の応答性が若干劣る。
- (3) 作業スタート地点で位置合わせを行ってGPSのオフセット誤差を補正できる。システムの使い方に慣れるに半日程度かかる。モニタ装置は作業時の視野の範囲内に設置する。走行速度は、15km/hまで対応できる。変形圃場での曲線作業には対応していない。作業精度が10cm以内を必要とされる播種作業には適応できない。
- (4) 現在モニター販売中で、販売価格は100万円前後である。一定期間、無料でシステムを借り受けて利用可能である。モニターに際しては、圃場区画、作業登録などのイニシャライズをメーカーで行う。