

研究課題：GPSとジャイロを内蔵した高精度・高安定ハイブリッドGPS航法装置

担当部署：北海道農業研究センター・水田作研究領域、畑作研究領域

担当者名：村上則幸、澁谷幸憲、大下泰生、井上慶一

協力分担：東京計器（株）、ジオサーフ（株）

予算区分：交付金、顕在化ステージ（JST 2006年度）

研究期間：2006～2011年度（平成18～23年度）

1. 目的

トラクタガイダンスに利用されるディファレンシャルGPSによる移動体の位置情報は、捕捉衛星配置の変化や電波の伝搬経路の状態変化などによってバイアスシフトを生じたり、樹林や建物の陰では、衛星の捕捉数が少なく精度が低下する問題がある。そこで、ジャイロなどの慣性センサとGPS衛星の他、GLONASS衛星も取得できる最新のGNSS（衛星測位システムの総称）ボードを組み合わせ、データをフィルタリングして、位置、方向、速度データの安定性と精度向上を図れるハイブリッドの航法装置をメーカーと共同で開発する。

2. 方法

1）供試機：GPS衛星の他、GLONASS衛星情報と静止衛星（MSAS）の補正情報を受信できる小型GNSSボード（Ashtech社、MB100）、圃場走行時の振動に対応できる新開発の3軸加速度センサ（最大加速度3G）、圧電振動型3軸ジャイロ、地磁気方位センサ、信号演算用CPU内蔵の姿勢センサ（東京計器（株）、VSAS3GM）を組み合わせたハイブリッドGNSS航法装置（図1、東京計器、ジオサーフの共同開発）

2）調査方法：開発装置をトラクタ（クボタ、セミクローラ90PS）に搭載し、走行速度2～10km/hで緩傾斜地、防風林付近で実走行を行い、位置、方位角、姿勢角（ロール、ピッチ）、速度の精度を、RTK-GPS（Leica、System530）及びFOG（日本航空電子、JCS7401A）と比較して精度を検証。RTKのアンテナ設置位置（トラクタ中心に設置）の地表投影点の同一点での比較。RS-232C、USB変換アダプタを介してノートPCに取り込み、ガイダンスシステムで軌跡を表示、データを記録し、精度を、最大誤差とRMS（誤差自乗平均平方根）で評価。

3. 成果の概要

1）開発したハイブリッドGPS航法装置は、GPSの位置データと3軸ジャイロの角度データを組み合わせて、内部演算でフィルタリングし、位置と3軸姿勢角、3軸加速度、3軸回転角速度、およびそれぞれの生データをRS232Cインターフェースを介して5Hzで出力する（VSASは最大100Hz、GPSは最大20Hz、オプションでCAN出力も可能）。慣性データとの内部フィルタリングにより、GPSの位置情報がシフトした場合も正しい経路を表示する（図2）。

2）方位角データの精度は、3軸ジャイロ単体の生データでは、 $28^{\circ}/\text{min}$ くらいに時間ドリフトするのに比して、内部演算処理のハイブリッドデータは、 2° 以内、姿勢角の精度は 3° 以内であった。

3）一部、最大 10° の傾斜のあるほぼ直線の経路を走行したところ、ガイダンスの傾斜補正により、車体の傾斜によるアンテナ位置の変化を補正して車体中心の地表面位置を正しく表示した（図3）。

4）使用したGNSSボードは、捕捉衛星数が通常10～14個であり、従来のDGPSと異なり、捕捉衛星の変化によるバイアスシフトの現象はほとんど見られず、精度も高く安定する。これを用いたガイダンスシステムでの走行軌跡は、図4のようにほとんどRTKの表示と重なり、位置誤差は、 $\pm 40\text{cm}$ 以内（RMSでは 25cm ）、進行横方向の位置ずれは最大 $\pm 29\text{cm}$ であった。一方、対照の市販のDGPS（2機種）を用いた試験では、位置誤差は $\pm 1.5\text{m}$ 以上、進行横方向の位置ずれは、最大 $\pm 0.8\text{m}$ で、時々階段状に変化するバイアスシフトが見られた。

5）トラクタに搭載し、防風林（高さ20m程度のポプラ林）の隣接圃場でガイダンス試験を行った結果、防風林直近でもバイアスエラーを補正してほぼ等間隔（2.56m）の平行な経路を表示し、作業中の位置誤差は $\pm 40\text{cm}$ 以内（RMS 24cm ）であった（図5）。対照の市販DGPSでは、1m以上のバイアスシフトが生じ、位置誤差RMSで 1.6m であった（図6）。RTKを基準とした速度誤差は、対照で 1.34km/h に対し、開発装置では 0.87km/h であった。

[具体的データ]



図1 開発したハイブリッドGPS 航法装置内部（試験機）とトラクタ運転席横に取り付けた装置

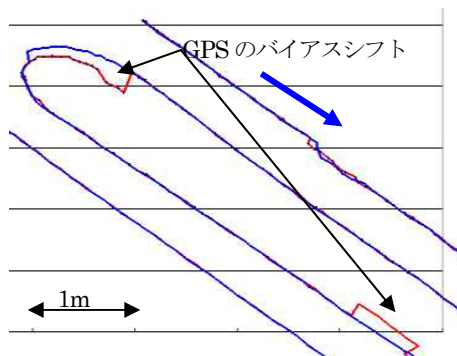


図2 内部フィルタリング処理による経路（青線）（台車による走行試験、速度 4km/h、赤線はGPS 生データ）

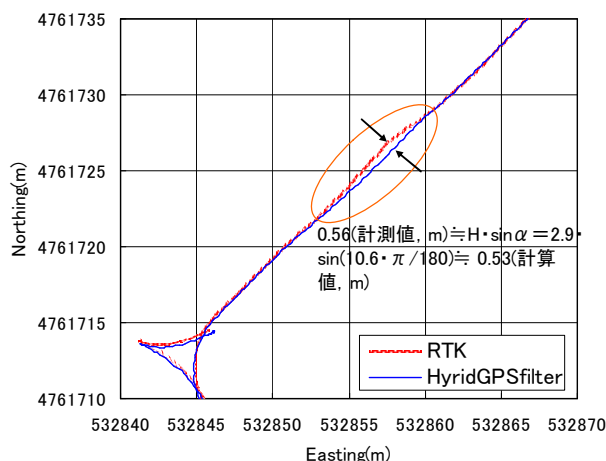


図3 傾斜区間走行での傾斜(10.6deg)補正による走行軌跡と GPS アンテナ位置(地上高さ 2.9m、RTK)の比較

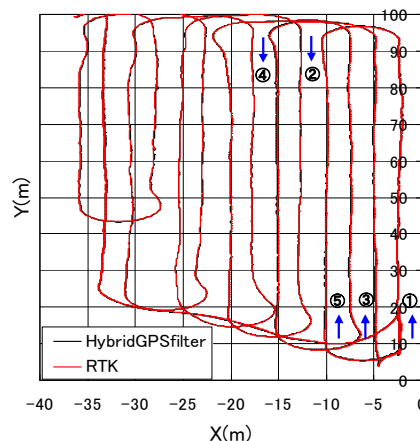


図4 回り作業での表示位置精度(RTK とほぼ一致する)

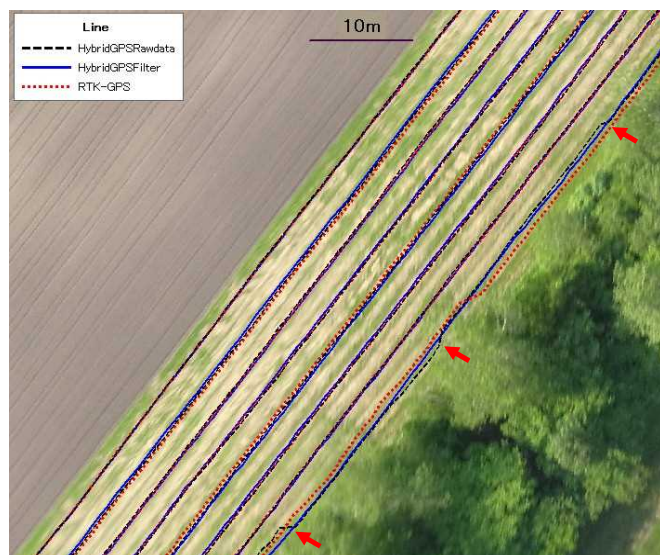


図5 防風林隣接圃場での開発装置によるトラクタガイダンスでの等間隔（2.56m）平行作業における空撮背景図上の表示データ（HybridGPSfilter）、生データと RTK-GPS との走行軌跡の比較（図中矢印位置で生データではシフト発生。実際の間隔と測位データはほぼ一致）

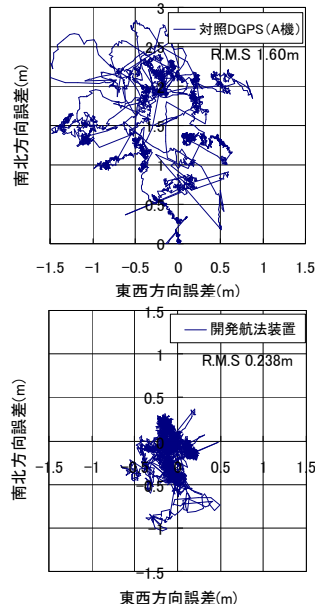


図6 開発装置（下図）と対照 DGPS の圃場往復走行での表示位置精度の比較

4. 成果の活用面と留意点

1) 高精度な航法装置としてガイダンスシステムに利用する。トラクタにとどまらず建設機械、船舶、乗用車、軽飛行機、無人ヘリに利用できる。2) 装置の入出力フォーマットは公開されており、附属アプリケーションソフトにより GPS の標準出力フォーマットに対応できる。3) H24 年秋の販売を予定している。4) フィルタリング手法は特許出願済みである。

5. 残された問題点とその対応