

D-GPS を用いた草刈機の稼働状態把握システムの開発検討

(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 正会員 ○ 榎園正義
 (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 飯盛 洋
 西尾レントオール株式会社 神庭浩二

1. はじめに

草刈機の施工調査では、草刈機の作業形態は線状の施工であり、少しでも実作業に近い状態での調査が望ましいが、調査のために試験区間(作業範囲)を設定したり、カラーコーン等の目標物を事前に配置して、調査員の目視確認や所要時間をストップウォッチ等を用いて記録しているのが現状であり、人的ミスの発生が懸念されたり、多大の労力を要するなどの問題がある。

本開発は、現在開発中の無人・有人対応型草刈機の施工調査(長期間)において、機械の詳細な稼働状態を把握する手法として、より経済的な D-GPS(GPS コンパス)と各種センサの情報および ICT(情報通信技術)を用いて遠隔で自動計測するシステムの開発検討を行ったものである。

表-1 測位方式と測定システムの構成

測位方式	測定システムの構成	主な仕様
①単独測位 (S-GPS)	・GPSアンテナ ・GPS受信器	・外部への出力が可能なタイプ ・カーナビ相当(SiRFStarIII) ・周波数; L1(1575.42MHz)、C/Aコード ・水平精度; 10m ・更新レート; 1Hz
②D-GPS	・D-GPSアンテナ ・D-GPS受信器	・周波数; L1、C/Aコード ・GPSコンパス(VS100シリーズ) ・SBAS等の補正情報に対応 ・水平精度; 0.6m以下 ・更新レート; 10Hz
③RTK-GPS	・移動局RTK-GPSアンテナ ・移動局受信器(MS-750) ・固定局GPSアンテナ ・固定局GPS受信器(MS-750)	・周波数; L1、C/Aコード、L1/L2 (2周波) ・リアルタイム測位 ・位置精度; 水平 2 cm、垂直 3 cm ・更新レート; 20Hz

2. 検討概要

本開発は、次の 2 つのテーマについて検討を行うこととした。

- ① D-GPS(GPS コンパス)の精度検証を目的とした、自己位置把握の基礎実験
- ② D-GPS を用いた草刈機の稼働状態把握システムの開発検討(開発中)

2.1 自己位置把握の基礎実験

(1) 実験概要

草刈機(ベースマシン)の自己位置把握技術として、単独測位(S-GPS)、D-GPS(GPS コンパス)および RTK-GPS を用いた測位精度に関する比較実験を行い、本システム開発の基礎資料とした。

(2) 実験方法、実験条件および評価方法

1) 実験方法

3種類の測位方式の機器仕様を表-1に、測定システムの構成を図-1に示す。

2) 実験内容と実験条件

主な実験内容と実験条件は、表-2に示すとおりとした。

(3) 実験結果(まとめ)

各種の基礎実験を行った結果は、次のとおりであった。

- ① RTK-GPS は、定点測定での DRMS(データの 90%) は 0.010m とバラツキも少なく、高精度であった。また、センターライン走行の軌跡から動的測位でも再現性があり、基準データとして十分な精度を有する。
- ② S-GPS は、道路横断方向に対して最小で約 1.0m 最大で約 6.0m の誤差を生じ、片側車線内走行や

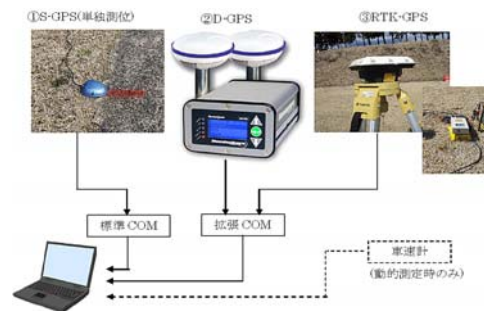


図-1 測定システムの構成

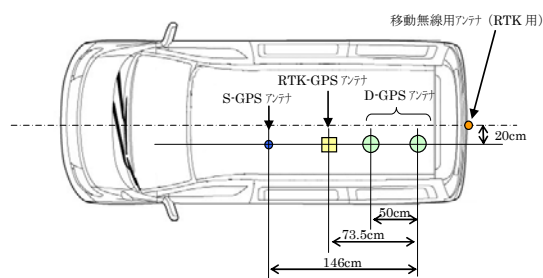


図-2 車両上面へのアンテナ配置

表-2 実験条件

実験内容	実験条件	測定項目	走行速度
(1) 静的(定点)精度の検証	・テストコース上に測点を設定し、各GPS測位方式で同時に一定時間測定し、その座標を測定する。	①座標 (X、Y、Z)	・静止
(2) 動的(移動)精度の検証	①テストコース上のセンターライン走行(座標比較)。	①座標 (X、Y) ②速度	・5~50km/h (約5km/hピッチ)
	②テストコースの左車線(反時計回り)内の走行(座標比較)。	①座標 (X、Y) ②速度	・5~50km/h (約10km/hピッチ)
	③テストコースの左車線(反時計回り)内の蛇行走行(座標比較)。	①座標 (X、Y) ②速度	・任意速度にて

キーワード：草刈機、D-GPS、実態調査、自動計測、ICT

連絡先：〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 TEL 0545-35-0212 FAX 0545-35-3719

蛇行走行では車線から逸脱する。

③ D-GPS は、道路横断方向に対し、最小で約 0.1m、最大で約 1.0m の誤差となったが、片側車線走行や蛇行走行では、車線から逸脱することはなかった。

④ D-GPS、RTK-GPS による走行速度は、50km/h 以下であれば、ほぼ正確な値と判断される。

以上のことから、草刈機のベースマシン位置を把握するシステム構築には、取扱が簡易で、適切な精度を有し、経済的な D-GPS(GPS コンパス)の適用が有効と考える。

2. 2 D-GPS を用いた草刈機の稼働状態把握
システムの開発検討

(1) 検討概要

草刈作業実態調査時の省力化を目的に、無人・有人対応型草刈機に D-GPS、角度計、AE センサ、無線 LAN 等を搭載し、遠隔の連絡車内で計測データを無線 LAN で受信することにより、草刈作業の稼働状況をリアルタイムで管理用パソコンの画面に表示する計測システムの開発を行った。

(2) 検討方法

1) 搭載対象とした草刈機(開発機)

搭載対象の開発機は、急斜面では転倒時に人的被害を回避するため無人運転を行い、緩斜面では緻密で効率の高い有人運転が行える草刈機(現在、北陸技術事務所で開発中)で、有効刈幅および走行性能は次のとおりである。

- ・有効刈幅；1,525mm
- ・最大走行速度；6.5km/h

2) 測定項目と測定方法および主な仕様(表ー 3 参照)

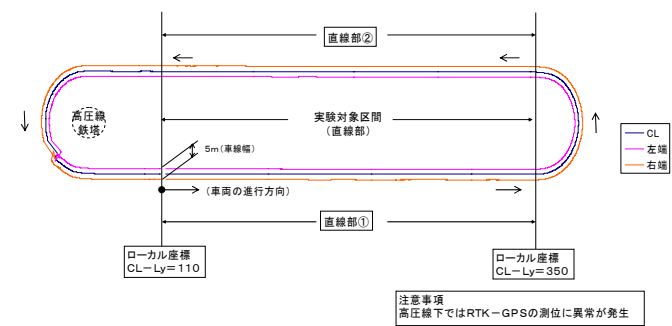
3) 計測システムの構成(図ー 4 参照)

車内の管理(計測・表示)システムは図ー 5 に示すように現地にて推定作業範囲のローカル座標を設定することによって、草刈機の位置や作業状態をリアルタイムに区画全体(或いは、草刈機から半径 30m を選択)の軌跡を表示可能な計測・表示ソフトを開発した。なお、画面の表示は機械の端線、中心線、塗りによる軌跡が選択できるものとした。

(3) 開発した自動計測システムおよび計測・表示ソフトの検証

開発機に自動計測システムを搭載し、研究所構内にて計測・表示ソフトを用いた基礎実験で検証を行った。

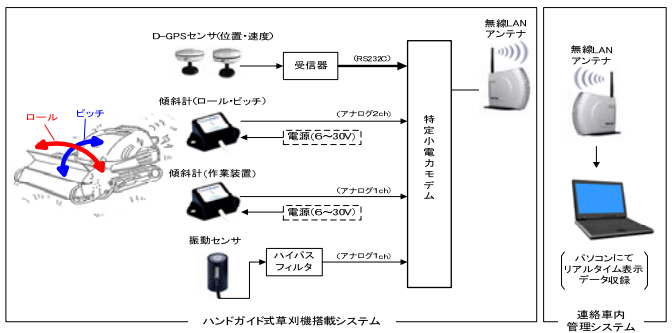
その結果、草刈機の速度、移動距離、ピッチ・ロール角は実測値と計測値との誤差も小さく良好な結果となった。また、刈刃の回転状態(低・高速)も AE センサで検出できることを確認した。



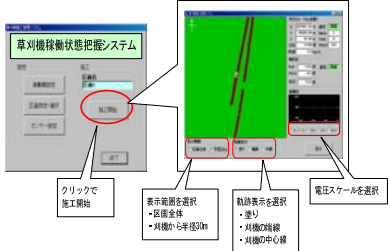
図ー 3 テストコースの全体図(RTK-GPS で作成)

表ー 3 測定項目と測定方法および主な仕様

測定項目	測定方法	センサの種類	数量 (ch数)	型名	主な仕様
①位置(軌跡)	ハンドガイド式草刈機にD-GPSを搭載し、その位置情報、速度データを利用して、草刈機の運行状況をリアルタイムで表示する。	D-GPS	1 セット	(株)ヘミスフィア Crescent Vector VS100	・SBASによるディファレンシャル補正機能 ・高速出力頻度；最大20Hz ・SBAS利用で60cm(95%)以下
②速度					
③作業距離					
④法面の傾斜	草刈機本体に傾斜計(2軸)を装着し、作業中の車体の傾き(ロール、ピッチ)を検出する。	傾斜計	1 台 (2 ch)	SEIKA社 NG41	・計測レンジ±80度 ・出力；4～20mA
⑤作業機の状態(フローティング)	作業機本体に傾斜計を装着し、作業機のフローティングON/OFFを検出する。	傾斜計	1 台 (1 ch)	同上	・同上
⑥刈刃の状態	刈刃の回転(動作)状態を振動センサ等を用いて検出する。	振動センサ (AEセンサ)	1 台	CM1製	・出力；0～数V
備 考	①RS232C→LAN変換器；MOXA社、NPort5110 ②A/D変換器；MCIエンジニアリング、LX-1816ADC、入力レンジ±10V、分解能16bit ③無線LAN(草刈機側)；BUFFALO社、WZR2-G300N、2.4GHz帯 ④無線LAN(連絡車側)；BUFFALO社、WLE-NDR、2.4GHz帯 ⑤データ収録装置(パソコン、草刈機稼働状態把握ソフト)				



図ー 4 D-GPS を用いた自動計測システムの構成



図ー 5 開発した計測・表示ソフトの例

3. あとがき

本検討の結果、計測・表示ソフトの開発については、簡易な使い方で運用できるシステムであることをほぼ確認できた。今後は、実際の堤防法面勾配(約 26～36°)条件下で、草刈機に搭載した状態(法面の勾配や凹凸による振動条件)で、D-GPS や各種センサの適用性と測定精度、さらに通信システム等を検証することにより、従来の局所的な管理から、連続的な計測データによる管理とすることで、より効率的、合理的な施工調査手法の確立を目指せるものとする。