

# 画像処理を用いた農作業機用の速度センサの開発

東洋農機株式会社 ○清水 将志 宮下 行雄  
北海道大学大学院情報科学研究科 中原 和哉 金子 俊一 田中 孝之  
北海道立工業試験場 大村 功

## 要 旨

本研究は、圃場における農作業機の実速度を、リアルタイムで計測することを目的としている。従来の手法ではトラクタの駆動輪より近接センサを用いて回転を検出していたが、スリップや荷重変化によるタイヤ有効半径の変化により高精度な速度の検出は困難であった。今回、ロバスト性の高い画像照合法を採用し、高精度な速度センサを開発した。試作システムを実作業中の作業機に搭載し、速度計測を行い有効性を検証した。

## 1 はじめに

近年の農業水産魚業では、作業者の減少や高齢化が顕著であり、それらは深刻な問題である。また、「食の安全」が強く謳われる社会情勢の中、高品質の生産物を提供しなければならないといった問題も抱えている。それらの問題を解決するためには作業負担軽減のための省力化が必要であり、作業機の適切な制御が重要な課題として挙げられる。この問題を解決するには、従来の生産方法に加え高度な技術の導入が必要となり、IT 導入も必要不可欠な要素である [1]。現在においても GPS を用いた自立走行システム等は存在するが、コスト面、地理条件の制約等の問題を抱えており、広く普及するには至っていない [2]。

「食の安全」に関して収穫機では、作物自体の品種改良による品質向上の他に、傷や打撲の軽減など高品質を維持した収穫が必要となってくる。また、農業散布作業においては 2006 年 5 月よりポジティブリスト制の導入により、残留農薬に対する規制が厳しくなるため、より高精度な散布制御が求められるようになった。

以上のように近年の農業においては、従来に増した高精度な作業が要求される。高精度な作業という中で最も重要な点は、車速に応じた制御を行うという点である。農業散布では単位面積当たりの適正散布量が存在し、収穫作業では機上の作物の適正な滞留状態が存在する。いずれも作業機の手速に大きく依存するものである。従来の手法では、トラクタのタイヤホイールに取り付けられた速度センサで検出した速度値を用いている。この速度センサはトラクタのタイヤホイールの回転を近接センサで検出している。しかしこの方法では、牽引作業機の質量によるトラクタタイヤへの荷重状態の変化等によるタイヤ有効半径の変化や、圃場状態によって引き起こされるスリップ等による回転数の変化から、高精度の速度検出は困難であった。また、ここで示した従来型の速度センサは、トラクタの個体の寸法に合わせて取り付けられているために、個々の設計や、圃場パラメータの入力設定が必要であった。

そこで、個体に依存せず高精度な計測を行える速度センサの開発が必要となった。本手法では、速度検出に画像処理を用いることが特徴である。従来の畑作用業機において画像処理技術の導入例はあまり報告されていない。画像を用いた例でも、コンベア上のモニタリングをするといった使用方法しかされておらず、モニタリングの結果で自動制御を行うといった事例はほぼないと言える。その中で、画像処理を用いて速度を計測す

る本研究は非常に斬新で先進的なシステムである。本研究が実用化されれば、作業精度の向上、個々のトラクタに合わせるための設計工程が排除可能となり、農業機械の制御レベルを一段上げることもつながると言える。

今回は圃場で発生する遮蔽や明度変動に影響されない高いロバスト性を持った方向符号照合法 [3] を採用した。試作システムを作業機に取り付け、天候、圃場条件、作物生育状態の異なる実圃場に持ち出し、速度計測実験を実施し本研究の有効性を検証した。

## 2 方向符号照合法による実速度計測手法

### 2.1 方向符号照合法 (OCM)

方向符号照合法 [3] は、画素の明度ではなく画素近傍における明度変化が最大となる勾配方向を量子化した値を符号として用いる。この方向符号の分布は画像ごとで固有性が強く、明度の勾配方向は照度変動に影響されにくいという特徴があることから、圃場のような明度変化や遮蔽が起こりうる環境で、良好な性能を発揮するため、本研究では用いている。

### 2.2 実速度計測方法

トラクタの進行方向に、垂直下向きに機体に取り付けられたカメラからの連続した 2 枚の圃場画像に対して、1 枚目の画像中から一部分を切り取り参照画像とし、2 枚目を対象画像として OCM を行い、その結果から画素単位での進行方向への移動量 ( $P_{dis}$  とする) が求められる。さらに、画素数は使用するカメラの受光素子数に対応しており、受光素子の大きさ  $\alpha$  によって、画像中での移動距離  $d_c = \alpha P_{dis}$  が求められる。ここで移動距離は、トラクタの実移動距離  $D_t$  をカメラのレンズにより投影したものとなる。また、カメラが連続した 2 枚の圃場画像を撮影する間隔  $t$  は、画像中と実圃場において共通であり、速度は移動時間と移動距離の関係より求めることができる。レンズの焦点距離を  $f$ 、カメラレンズの圃場からの高さを  $H$  とし、画像中での速度  $v_c (= d_c/t)$  を用いてトラクタの実速度  $V$  は

$$V = \frac{H}{f} v_c \quad (1)$$

と求められる。ここで、カメラレンズの圃場からの高さ  $H$  は、圃場のように凹凸がある実環境下では、一定に保つことが困難であるので、提案手法では、トラクタにより踏み固められたタイヤ跡を撮影することでこの問題点を解決している。

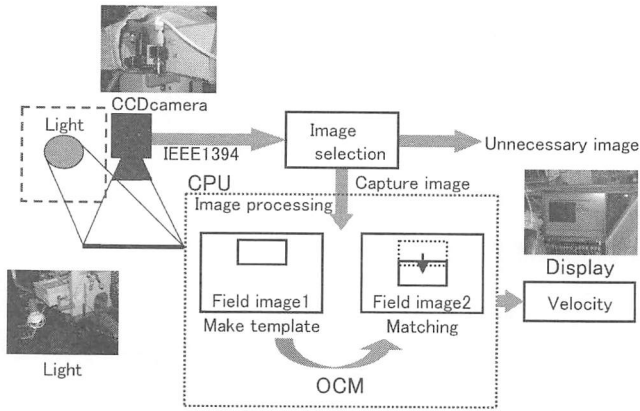


図1 システムの構成

表1 実験速度

圃場	平均通過時間 (sec)	実測値 (km/h)
ジャガイモ畑	20.84	0.86
小麦畑	10.11	1.78

### 3 試作システム

#### 3.1 システムの概要

圃場の撮影は CCD カメラ (Point Gray 社製 Flea) を用いて行い、高速データ転送できる IEEE1394 ケーブルにより圃場画像が CPU に転送される。トラクタの実圃場での作業速度を考慮し、画像を取得する間隔を一定とするため、カメラは 15fps の速度で動作させている。圃場画像の連続した 2 枚の画像を取り込む。1 枚はテンプレート用画像、2 枚目は対象画像である。取り込んだ画像に対して OCM を用いた画像処理を施し、その結果得られた照合位置の差から実速度を導出し、PC 画面上に速度表示する。システムの構成を図 1 に示す。OCM を行っている間は、画像は取り込まず破棄し、実速度が計測できた時点で、次の画像を取り込むようになっている。ここで照明を用いているのは、夜間や曇りのような天候によるコントラストの低下などを想定した結果である。

### 4 実圃場での速度計測実験

実験圃場は十勝の幕別町明倫にある図 2 の (a) に示すジャガイモ畑で晴天と、(b) に示す作物が生長した状態の小麦畑で雨天で行った。各作物の状態については、図 2 に示すとおりである。設計システムをトラクタに牽引する作業機に取り付け、5m 間隔で圃場に目印を設置して、熟練した運転手が速度一定となるように直進走行し目印を通過する。目視により目印の通過時間を毎回計測し、5m の平均通過時間から速度を求める。これが表 1 に示す実測値となる。この実測値と提案手法で計測した速度の比較を行う。

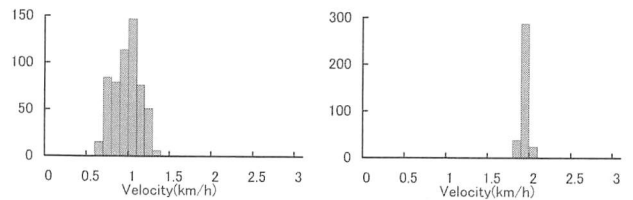
各圃場での計測速度のヒストグラムを図 3 に示す。どちらも、表 1 に示した実測地付近を中心に速度が計測されていることが確認できる。ここで、図 3(a) は、図 3(b) と比較すると分散傾向が強く見られるが、小麦畑で使用した作業機に比べ、ジャガイモ畑では作業機の掘取刃が常に地中に刺さっているため、



(a) ジャガイモ畑  
ホッカイコガネ  
収穫期  
晴天 時間 14:00

(b) 小麦畑  
ホクシン  
背丈 30cm  
雨天 時間 14:00

図2 実験圃場 (十勝 幕別町)



(a) ジャガイモ畑 (b) 小麦畑

図3 計測速度ヒストグラム

このような結果となった。しかし、小麦畑における実験では、表 1 にある実測値にほぼ一致する結果を得ることができたので提案手法は有効であるといえる。また小麦畑での実験では、作物が生長した状態で行ったので、提案手法のパラメータ  $H$  を一定に保つ方法は有効であり、実験結果からも実際の使用に十分対応できるといえる。

### 5 まとめ

本研究では、圃場のようなスリップ等が生じる悪条件では難しい、実速度を計測するロバストな速度計測アルゴリズムの設計を行い、試作機を作成し実圃場で実験を行った結果、その有効性を検討した。

提案手法では、ハードウェアへの実装を考慮し、圃場条件に関係なく同一アルゴリズムによる計測を行ったが、他の作業圃場での計測の実現するために、圃場条件に合わせた最適パラメータなどを詳細に設定する必要がある。

本稿では、速度計測アルゴリズムの基本的な設計のみであったが、今後は最終的には小型マイコンに実装するためのアルゴリズムの提案と試作機の開発を行い、ハードウェア化を目指し開発を進めていく予定である。

### 参考文献

- [1] 平藤雅之: "農林水産業の高度情報システムの展望", 計測と制御, Vol.37, No.2, pp.95-98 (1998-2).
- [2] 中西洋介, 他 9 名: "農作業車両自律走行作業支援システムの開発", 北海道立工業試験場報告, No.300, pp.43-51 (2001).
- [3] F.Ullah, S.Kaneko and S.Igarashi: "Orientation Code Matching for Robust Object Search", IEICE Trans. on Inf. & Sys., Vol.E84-D, No.8, pp.999-1006 (2001-8).