

平成 26 年度畜産関係学術研究委託調査報告書

# GPS を利用した稲 WCS の 収穫調製作業管理システムの導入

新潟県農業総合研究所畜産研究センター

小橋有里・関 誠・佐藤義政

## 要 約

市販の数十万～数百万円の作業管理システムを、数千円～数万円の低価格な GPS 位置情報管理システムに代替し、その精度と活用の可能性を検討するために、新潟県魚沼市自給飼料生産組合の稲 WCS 収穫圃場において調査した。GPS 位置情報専用車載端末(3 万円+ $\alpha$ )、USB 接続 GPS データロガー(3 千円台)ともに、圃場ごとに作業開始・終了が区別できる精度であった。別場所からのリアルタイムモニタリングをするなら、GPS 位置情報専用車載端末(3 万円+ $\alpha$ )が必要であるが、作業終了後にデータを取り込み、作業圃場図に反映させるならば、USB 接続 GPS データロガー(3 千円台)でも十分可能であった。また、エクセルマクロの利用によって、GPS 位置情報から、圃場当たりの作業時間、作業速度等を自動計算させることにより、作業日誌としての機能を自身の使いやすいシステムに構築できる可能性が示された。

## 調査の目的

自給飼料の生産現場では、労働力の確保、飼料生産作業の受託面積拡大による委託農家数の増加、作業圃場の分散、圃場毎生産量・品質等のバラツキ等が効率的作業を目指す中で課題となっている。特に、稲 WCS については、品質を優先すると収穫時期が集中し、圃場の状態によって収穫機械が動けない等、天候を見極めた計画的な効率的作業が求められる。

GPS (Global Positioning System) は、カーナビゲーション、タクシーやバスの運行管理、携帯電話、スマートフォン等で利用され、機能を搭載している機器を持っていれば、その活用方法はアイデア次第で多岐に広がる可能性を秘めている。近年は、高性能で軽量な GPS 受信機器が発売されており、GPS 衛星からの電波を受信して位置情報を把握することは、とても身近になってきている。

一方、GPS を活用した作業管理システムが構築され、情報管理、迅速な連絡、効率的作業、作業状況の把握などが一元管理できるようになり、農林水産業、建設業、除雪作業等、多くの現場で活用されている。しかし、実際の導入には、ソフトやシステム、画像の購入等、数十万～数百万円の初期投資が必要である。また、活用の目的に応じてソフトやシステムを開発しなくてはならず、まだまだ解決すべき問題が多くある。

本調査の目的は、市販の数十万～数百万円の作業管理システムを、数千円～数万円の低価格な GPS 位置情報管理システムに代替し、そのシステムがどこまでの精度を持ち、今後活用できるかといった可能性を調査することである。これにより、作業者の状況報告や作業日報作成等の日常報告をしなくても正確な作業時間、作業場所を自動でデータ化するとともに、作業管理者が情報の一元管理を行うことで、収穫作業効率の向上を目指す。将来的には、正確な作業およびデータ管理が安価で簡易にできれば、品質の安定した自給飼料確保につながり、畜産農家の労働負担の軽減及び飼料生産作業の効率化・低コスト化に貢献できる可能性もあるのではないかと考えた。

## 1 GPS 位置情報収集機器

まず、GPS 位置情報を収集する機器として、飼料作物の収穫機の走行速度、温度差や振動への耐性等を考慮した上で、安価で軽量なことを優先し、多数ある車両管理システムの中で、GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100 を選定した。また、最も安価に入手可能な位置情報のみを記録することに特化した USB 接続 GPS データロガーを選定した。

### 1-1 GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100

GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100 は、VISH 株式会社(愛知県名古屋市、<http://www.vish.co.jp/>)が行っている車両の位置情報管理サービス「アクセル GPS」であり、専用の GPS 車載端末を運送業や営業車などに設置、車両の位置情報は FOMA 網を利用して緯度経度情報をサーバへ通知し、パソコンやスマホから専用管理画面 URL 内の Google Map

上でリアルタイムに閲覧でき(図1)、Web APIを通じてリクエスト時のパラメータに応じてCSV形式もしくはXML形式で、電話番号・測位日時・緯度・経度・速度・方位を取得できるサービスも利用できる(図2)。2014年6月当時の1台あたりの価格は、¥30,000(GPS 車載端末本体、FOMA アンテナ、GPS アンテナ、シガーソケット電源、取り付け金具)+¥2,000(月額利用料)+従量課金(通信料)となっており、GPS の通信間隔の設定により通信回数が変わってくるため、毎月のサービス利用料を支払うシステムであった。2015年3月現在は、GPS の通信間隔を30秒に1回に固定し、さらに無線通信も付与したコスモトークIIが¥30,000(端末機器)+¥2,500(月額利用料+通信料)で同社から提供されており、GPS の通信間隔の選択により、さらに低価格に利用できる。

位置情報の誤差は、1-2m であり、道路の車線の上下が判別できる精度を有している。



図1 GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100 の閲覧システム  
(VISH 株式会社のホームページから引用)

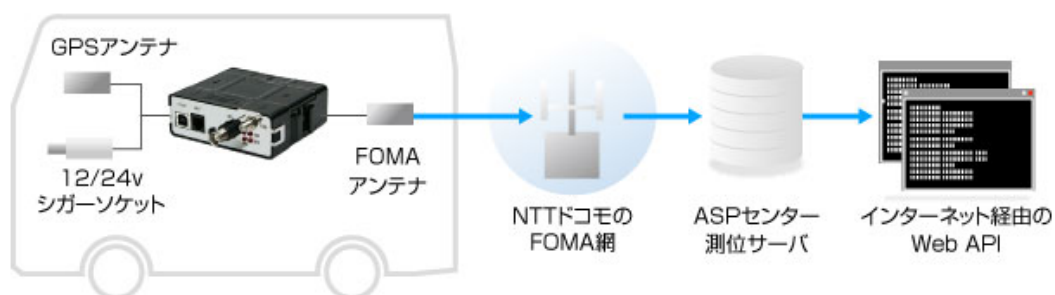
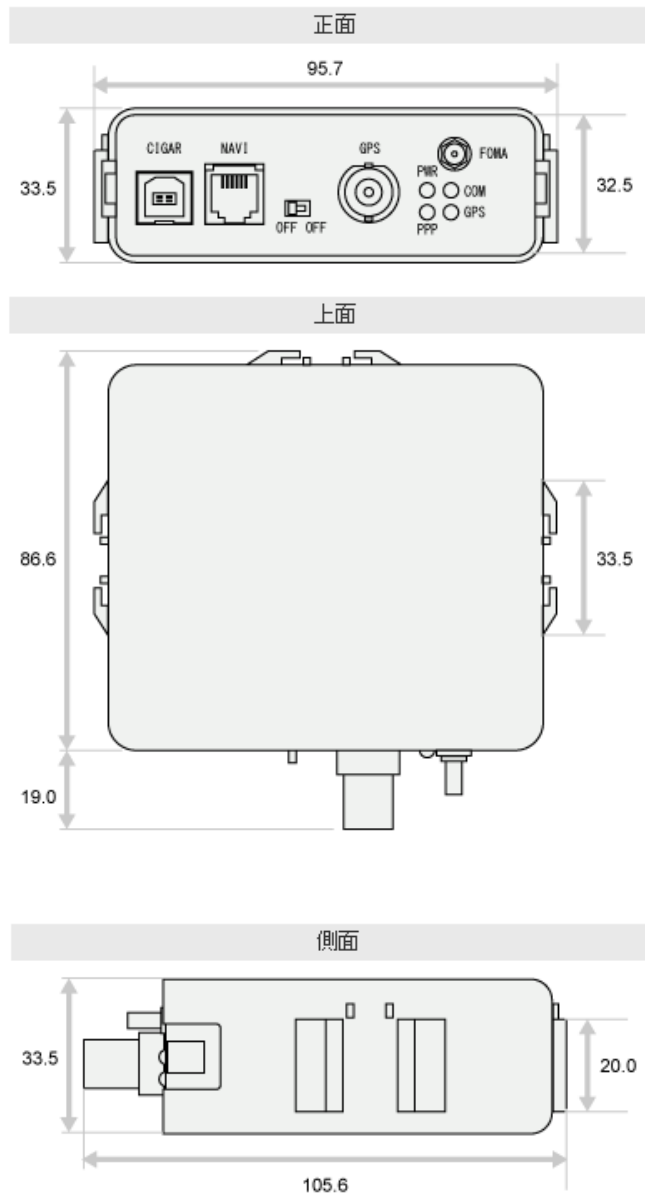


図2 GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100 の API システム構成図  
(VISH 株式会社のホームページから引用)

外形寸法 奥行:105.6mm×幅:95.7mm×高さ:33.5mm(GPS接続端子部含む)



本体重量 126.4g(ケーブル含む)

動作環境 温度:-20℃~60℃  
湿度:25%~85%(結露なきこと)

電源 DCシガーライター電源アダプタ(5V±5%1A)  
出力:RS232C接続端子

※カーナビなど各種周辺機器との連携・接続についてカスタマイズに伴う開発費が必要になる場合があります。  
※GPSアンテナ、FOMAアンテナ、シガー電源アダプタ、FOMAモジュールなど位置情報の取得するパーツは含まれておきます。

図3 GPS位置情報専用車載端末BCL-100の製品仕様  
(VISH株式会社のホームページから引用)

## 1-2 USB 接続 GPS データロガーGT-730FL-S

USB 接続 GPS データロガーGT-730FL-S は、CanMore Electronics Co., Ltd (Taiwan、<http://www.canmore.com.tw/index.php>)から販売されている USB 接続 GPS モジュールで、本体にバッテリーを内蔵し、単独でロギングをすることも、パソコンと接続し GPS レシーバとして使用することも可能であり、充電は USB ポートから行う。フル充電でのメーカー公称動作時間は約 18 時間である。ロガーであるためリアルタイムの閲覧はできないが、ソフト(CanWay)が付属されており、記録したデータをダウンロードし地図上で軌跡を表示することができる(図 4)。サイクリングや登山といったアウトドアスポーツでの記録に利用している例が多く、小型で低価格(¥3,500~¥4,000)が特徴である。また、データ収集間隔を 1 秒から任意の間隔に設定でき、間隔を短くすることで、より滑らかな軌跡を得ることができる。位置情報の誤差は、2-3m であり、隣接圃場や停止中は、軌跡が重なることがある精度であった。

■搭載チップ：SiRFstarIV ■高感度：-163dBm

■通信条件：工場出荷時 38400bps (変更可能)

■リチウムイオン電池内蔵 (USB 経由で充電)

電池仕様：3.7V 450mAh メーカー公称動作時間：約 18 時間

■寸法：77.48×28×17.77mm ■重量：約 31g

■セット内容 (本体、USB 端子キャップ、ストラップ、8cm サイズ CD (ソフトウェア、USB ドライバー))

■ソフトウェア：CanWay (対応 OS：windows Vista/7/8/8.1)

The screenshot shows the CanMore Electronics Co., Ltd. website. The header includes the company name and logo, and a navigation menu with links for Home, About Us, Products, News, Download, and Contact. The main content area features a banner for 'CANMORE Products Best Products' with an image of a cyclist. Below the banner is a 'Product Information' section with a 'Product List' and a 'Products' list. The 'Products' list includes 'Outdoor GPS', 'GPS Receiver/Logger', 'GPS Module', 'GNSS Module', 'GPS Navigator', 'GPS Tracker', 'GPS Antenna', 'Consumer Products', and 'ODM/OEM'. The 'Outdoor GPS' product is selected, and its details are shown. The details include a product image, the model name 'GT-730FL-S', and the title 'GPS Route Logger'. The specifications listed are: \*48 track verification channels, \*SiRF-IV low power chipset, \*2.5m CEP accuracy, \*Support SBAS function, \*SBAS (WAAS, EGNOS) support, \*Logging data interval programmable: by time or distance, \*Data tag (start, stop point) can be set by user, \*Data Logger & Photo Tracker function, \*Ultra low power consumption: over 17/56 hours continuous use by 450mAh battery. There are buttons for 'Manual Download', 'DataSheet Download', and 'Get Adobe Reader Pdf Download'. The footer contains the company address, phone number, fax number, and design credit.

図 4 USB 接続 GPS データロガーGT-730FL-S の製品仕様(日本語訳)  
(CanMore Electronics Co., Ltd のホームページから引用)



写真 1 GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100(左)と  
USB 接続 GPS データロガーGT-730FL-S(右)



写真 2、3 それぞれ、汎用型飼料収穫機のフロントガラス付近に取り付けた



写真 4 収穫の様子

## 2. 調査圃場とデジタル圃場図の作成

調査の対象とした圃場は、新潟県魚沼市自給飼料生産組合の稲 WCS 収穫圃場 27.2ha で、圃場数 100 筆、2014 年 7 月 23 日～2014 年 8 月 21 日の収穫期間とした。

### 2-1 稲 WCS 収穫圃場

稲 WCS 収穫圃場は、南北 11km、東西 8km にわたって分散しており、年ごとに圃場が変更になる場合も多々あり、これまでは地番と地図、目視により確認を行ってきた(写真 5)。また 2014 年は、収穫作業の分散のため、稲品種を 3 種類栽培したため、出穂期や圃場の乾燥状態等を確認の上、オペレーターが作業計画を立てた。



写真 5 これまで、複数枚の地図を広げて圃場の位置確認を行ってきた

### 2-2 デジタル圃場図の作成

無料オンライン地図を利用し、写真表示にして個別の圃場情報を地図上にアイコン描画として追加し、作図情報を KML 形式で保存した。圃場情報を点ではなく、ポリゴンとして描画する方法もあるが、隣接圃場や畔と水田内の区別が困難と想定されたため、収穫前のデジタル圃場図には、地点として圃場情報を登録した(図 5)。

圃場情報は、圃場名、圃場管理農業者氏名、住所、作付面積、栽培品種、後作の有無を入力した。

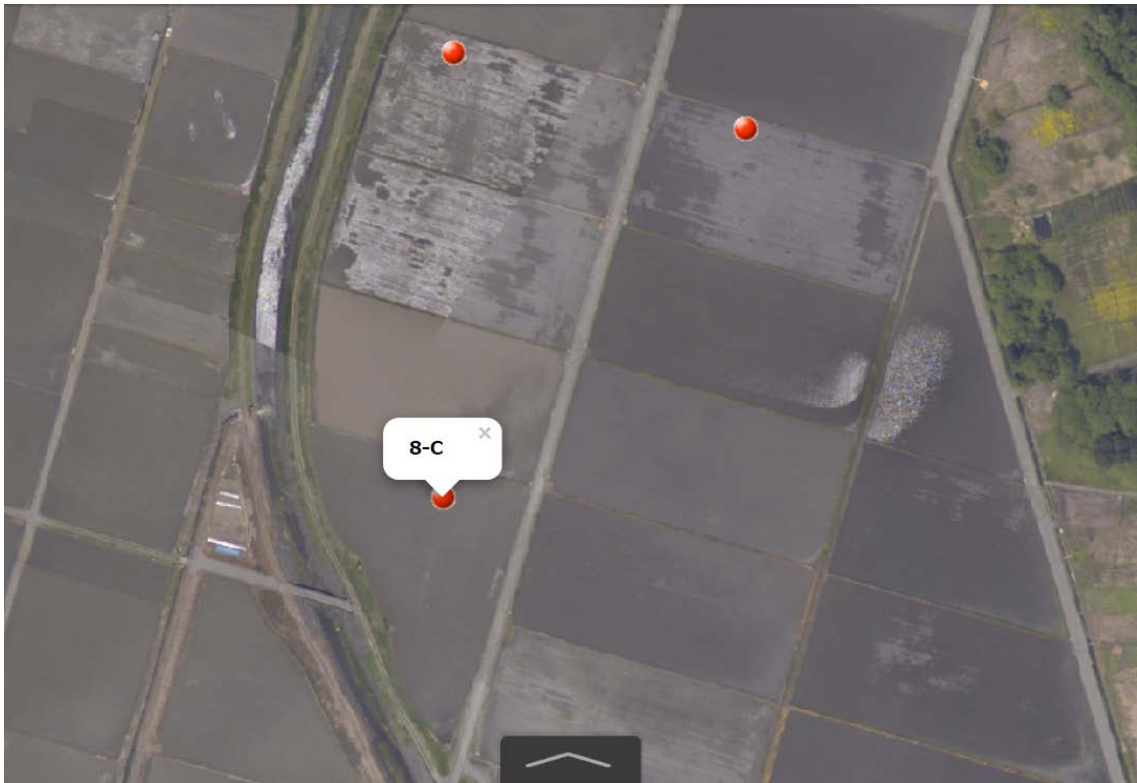


図 5 収穫前に作成したデジタル圃場図

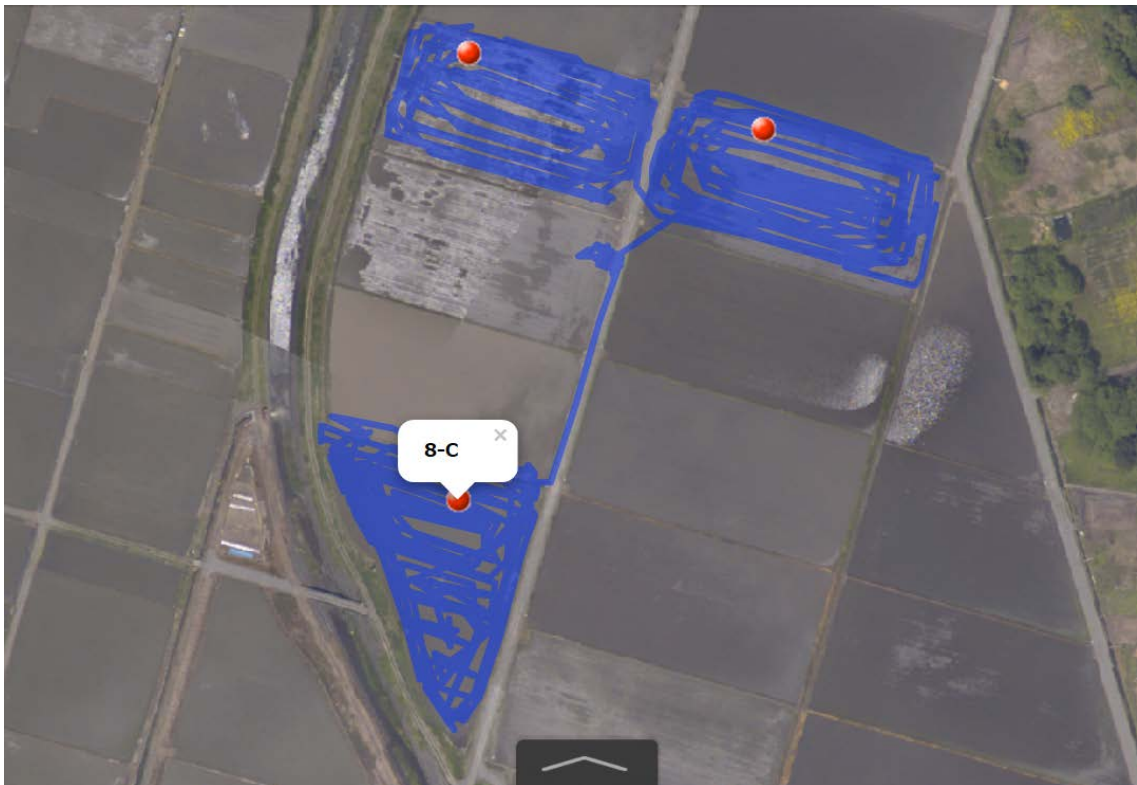


図 6 デジタル圃場図上に GPS データを読み込んだ状態  
(USB 接続 GPS データロガー GT-730FL-S)



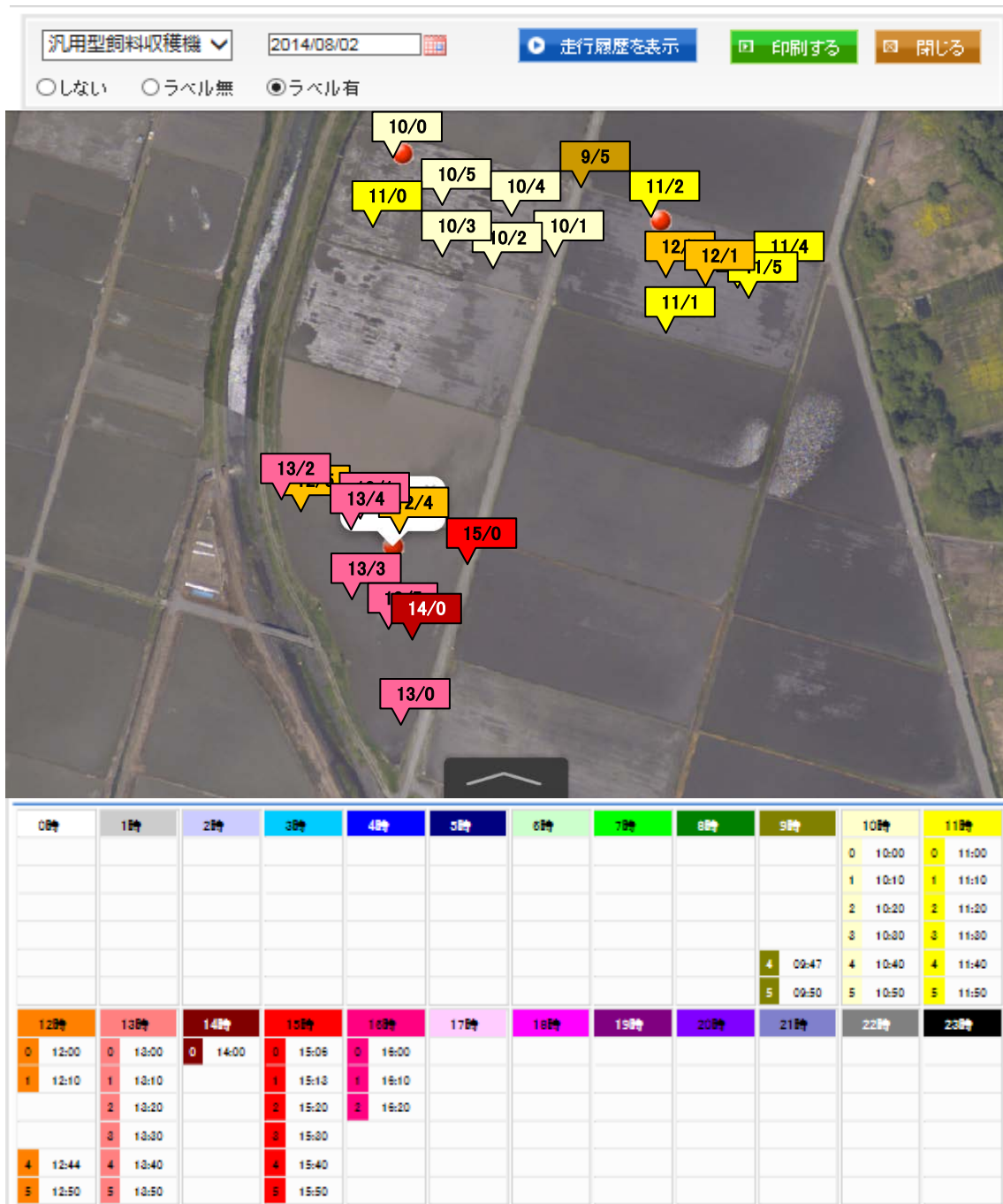


図7 パソコンの専用管理画面 URL 内の地図上で一日の GPS データを 10 分間隔で表示させた状態 (GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100、実際には Google Map で表示される)

### 3. GPS 位置情報からの圃場の特定

座標取得間隔を30秒という長い時間に設定しても、1日の圃場作業の記録で取得する座標データは1,000レコードに近い。作業時間をデータ化するためには、この中から各圃場内での作業時間を算出する必要がある。GPSに付属する多くのアプリケーションは、Google社 (<https://www.google.co.jp>)が開発した地図用のテキストデータのXMLスクリプトであるKML Ver.2.2形式ファイル(KML)、ならびに一般的な表計算ソフトで読み込み可能なカンマ区切りのテキストデータであるCSV形式のファイル(CSV)を扱うことができる。これを利用してMicrosoft社 (<http://www.microsoft.com>)のExcel2007(Excel)を使用することで、作業圃場の特定と作業時間等(管理データ)を算出するマクロワークブックを開発した。オペレーティングシステムはマイクロソフト社のWindows7を使用し、座標データをCSVに出力するGPS用アプリケーションは、USB接続データロガーGT-730FL-Sに付属していたCanmore Electronics社 (<http://www.canmore.com.tw>)のCanWay Version 1.1.10(CanWay)を使用した。また、図形描画したKMLの出力およびマクロワークブックから出力したKMLの確認にはGoogle社のGoogle Earth Ver.7.1.2041(Google Earth)を使用した。

管理データ算出に必要なデータ項目は、記録日、記録時刻および緯度と経度である。移動距離と平均速度を算出するには、計測点間の移動距離または平均速度が必要となる。CanWayはこの内、記録日、記録時刻、緯度、経度、平均速度をCSVで出力することができる。管理データを集計するためには、CSVの中の各圃場内および圃場外から送信されたレコードをそれぞれ特定する必要がある。しかし、圃場の位置と形状はそれぞれ異なり、圃場全体の座標範囲をマクロで特定するには膨大な入力作業と処理が必要になる。そこで、それぞれの圃場に入入りする際に必ず通る座標範囲(チェックポイント)を1つの圃場について1~5カ所設定し、それぞれの圃場に属するチェックポイント内で、最初に記録された時刻と最後に記録された時刻を、それぞれ圃場作業開始時刻と終了時刻とし、この間のデータを圃場内にあるものとした。この後、次の圃場のチェックポイントで最初に記録された時刻までが移動時間となる。

チェックポイントの座標範囲を設定するマクロワークブックとしてrack.xlsmを、チェックポイントとCSVから管理データを集計するマクロワークブックとしてsaca.xlsmを開発した。

#### 3-1 圃場ごとのチェックポイントを取得する(rack.xlsm)

rack.xlsmは複数の多角形(ポリゴン)データを持つKMLからそれぞれの頂点座標を抽出し、それぞれのポリゴンが内接する、緯線経線に四辺が平行な四角形の緯度経度の最大値と最小値をそれぞれ求めることができる。また、これらの四角形の頂点を一般的な地図ソフトで表示するための緯度経度セットを表示するほか、これらを基にしたKMLを出力できるので、地図ソフトに読み込んでチェックポイントの位置と範囲を確認することが可能である。

##### 1) 地図ソフトによるポリゴンの描画とKML出力

ここではGoogle Earthを例に説明する。

- ① Google Earth 起動後、目的の圃場位置に移動する
- ② サイドバーの「場所」にフォルダを作成し、選択した状態にする

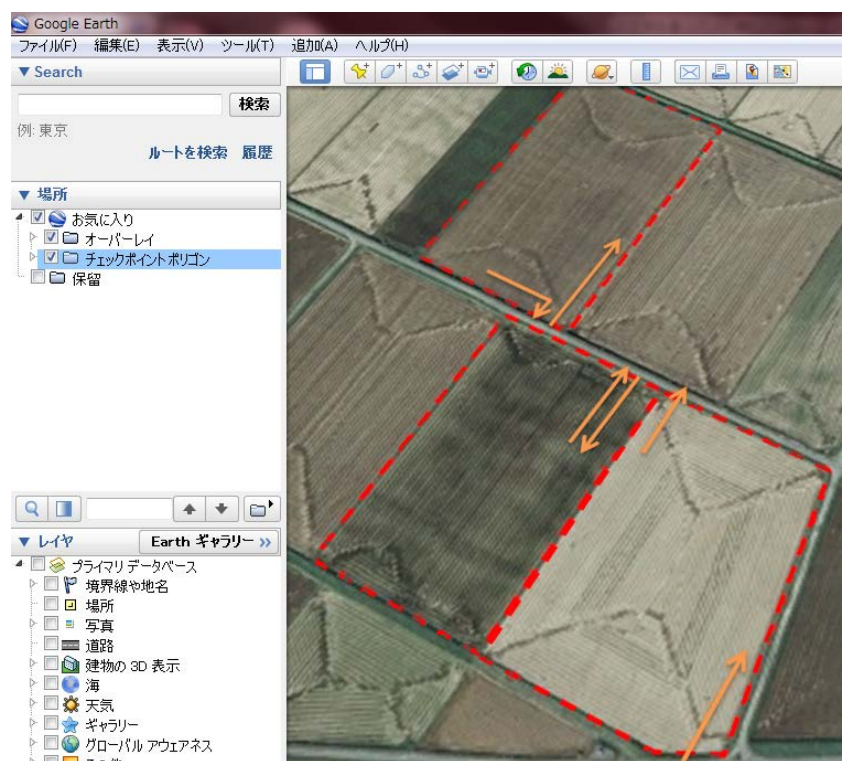


図 8 赤枠は圃場の範囲、矢印は出入りの場所と進行方向を示す

- ③ 各圃場の入り口と出口（作業の前半と後半に必ず通る場所）をそれぞれ 1～5 カ所特定する
- ④ ツールバーの「ポリゴン」を選択し、特定した場所それぞれ別にポリゴンを描き、分かりやすい名前をつける
- ⑤ 全てのポリゴンが作成フォルダにあるのを確認する

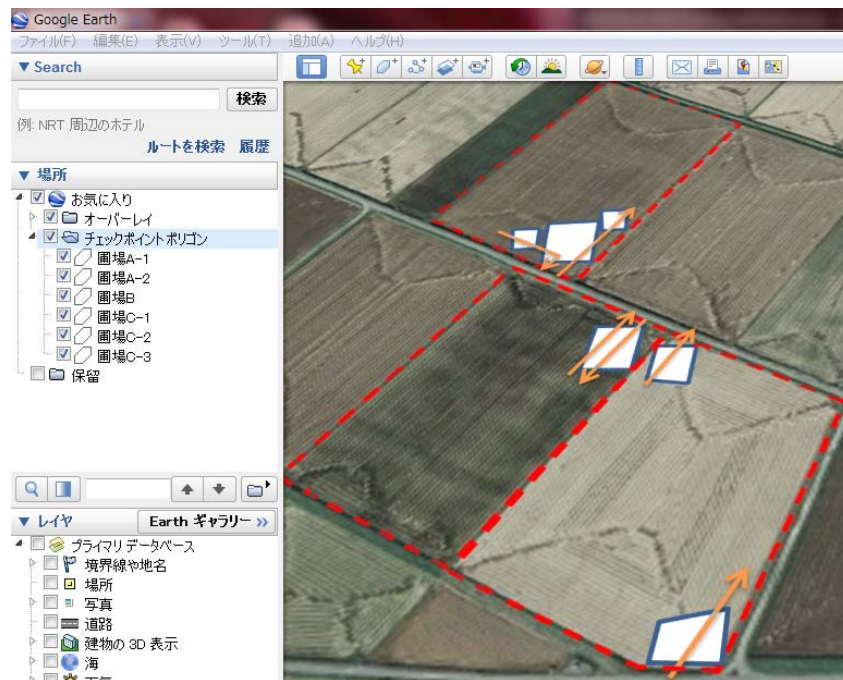


図9 手前から圃場 A、B、C。青縁のポリゴンが設定したチェックポイント。  
これらを「チェックポイントポリゴン」フォルダ内に作成する

- ⑥ 作成フォルダを右クリックして「名前をつけて保存」、ファイルの種類に「Kml (\*.kml)」を指定して、分かりやすい名前をつけてファイルを保存する

2) rack.xlsml によるチェックポイント取得

- ① rack.xlsml を Excel で開きマクロを有効にする
- ② 「KML ファイルを開く」をクリックし、前項で作成した KML を指定して開く
- ③ 前項でつけたポリゴン名をエリア名として、経度緯度のそれぞれ最大値と最小値が自動計算され、これらがチェックポイントの頂点になる

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	KML図形の矩形エリア算出		Ver1.22		KMLファイルを開く	クリア	KML出力		Change LNG
2	エリア名	緯度最小	緯度最大	経度最小	経度最大	座標1	座標2	座標3	座標4
3	圃場A-1								
4	圃場A-2								
5	圃場B								
6	圃場C-1								
7	圃場C-2								
8	圃場C-3								
9									
10									

図10 rack.xlsml の演算結果

3) チェックポイントの位置と範囲の確認

- ① rack.xlsml の「KML 出力」ボタンをクリックすると、作成したチェックポイント情報を KML に出力できる

- ② Google Earth のファイルメニュー、「ファイル→開く」で作成した KML を開く
- ③ rack.xlsm が算出したチェックポイントがポリゴンで表示される
- ④ サイドバーに開いた KML の名前がついたフォルダを確認する

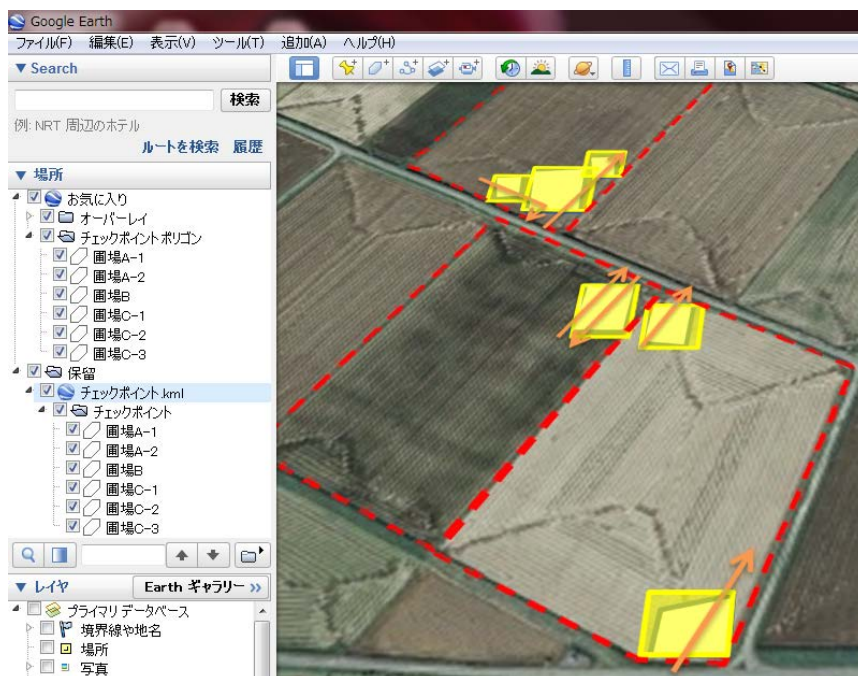


図 11 rack.xlsm で作成したチェックポイント.kml を Google Earth で読み込んだときのイメージ。黄色いエリアが算出したチェックポイント

- ⑤ 修正が必要ななら 1)-⑤のフォルダ内の修正が必要なポリゴンを削除し、新たにポリゴンを作成
- ⑥ 1)-⑥の作業に戻る

### 3-2 管理データの算出(saca.xlsm)

saca.xlsm は各圃場(エリア)1~5カ所のチェックポイントを基準に、GPS で記録された時刻、座標データ等から管理データを算出するマクロワークブックである。時系列でソートした GPS データを使用する。エリアの特定には、まず昇順に演算を行い、行(レコード)の座標がどのチェックポイントの範囲であるか、またはチェックポイント上にないかの判定と、直近に判定したエリア名を記録する。次に降順に演算を行い、前述の結果の組み合わせによってレコードが各エリア内外で記録されたものかどうかを判定する。管理データの算出は、エリアを特定したレコードを使用してそれぞれエリアの入出時刻、滞在時間、エリア内で移動している作業時間、停止している時間、データが存在していれば移動距離と平均速度を算出する。

なお、saca.xlsm は「GPS データ設定」メニューで、扱う CSV に合わせてカスタマイズできる。

- ① saca.xlsm を Excel で開いてマクロを有効にする

- ② 「メイン」シートに rack.xlsx で算出したチェックポイントの座標をペーストする(1 エリアにつき 5 カ所までのチェックポイントを設定可能)

エリア名	緯度最小	緯度最大	経度最小	経度最大	緯度最小	緯度最大	経度最小	経度最大	緯度最小	緯度最大	経度最小	経度最大
圃場A												
圃場B												
圃場C												

図 12 saca.xlsx のチェックポイントシートに、rack.xlsx の演算結果を圃場ごとにペースト

- ③ GPS から出力した CSV を Excel で開く  
 ④ 開いた CSV のデータを saca.xlsx の「GPS データ」シートにペーストする  
 ⑤ 「エリア割当」ボタンをクリックすると「GPS データ」シートに各レコードが属するエリアが算出される  
 ⑥ 「GPS データ」のエリア情報が正しいか確認し、誤っていれば修正する  
 ⑦ 「集計」ボタンをクリックして管理データを算出する

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	メイン	GPSデータ	エリア割当	集計		GPSデータ設定	チェックポイント	Change LNG	
2	エリア名	エリア進入	エリア退出	エリア内時間	走行時間	停止時間	走行距離 m	平均速度 km/h	日付
3	移動	3:42:07	3:43:07	0:01:00	0:01:00		125	7.5	
4	圃場A	3:43:07	4:27:29	0:44:22	0:30:32	0:13:50	1669	3.3	
5	移動	4:27:29	4:35:59	0:08:30	0:07:00	0:01:30	467	4.0	
6	圃場B	4:35:59	5:09:29	0:33:30	0:28:30	0:05:00	1833	3.9	
7	移動	5:09:29	5:16:29	0:07:00	0:07:00		383	3.3	
8	圃場C	5:16:29	5:53:59	0:37:30	0:24:00	0:13:30	1492	3.7	
9									
10									

図 13 saca.xlsx による管理データ演算結果

本調査報告において、使用している地図画像は国土地理院の電子国土 Web (<http://maps.gsi.go.jp>) の画像を加工してイメージサンプルとして使用した。GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100 の表示 Google Map 画像および Google Earth のキャプチャ画像の航空写真も電子国土 Web の画像を加工してはめ込んで使用した。なお、電子国土 Web にはファイルの読み書きや、本調査報告で使用したアプリケーションと連携する機能はない。

rack.xlsx および saca.xlsx は新潟県農業総合研究所畜産研究センターのホームページからダウンロードできる。

#### 4. 稲 WCS の飼料成分と発酵品質の調査

稲 WCS の品質管理台帳を作成するために、収穫日、収穫圃場の違う稲 WCS ロールペーパーサイレージ 26 個をマーキング、購入農家で別保管し、収穫から 3~4 ヶ月後にフィードサン

プラー(東京都北区、藤原製作所)によって、ロールペールの一列、ほぼ等間隔で5箇所から飼料を採取した。分析試料は60°C48時間の通風乾燥後にカッティングミルで1mmメッシュを通過する粒度に粉碎し、105°C恒量法によって乾物率を求めるとともに、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、粗灰分(CA)、耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼ処理中性デタージェント繊維(aNDFom)、酸性デタージェント繊維(ADFom)、酸性デタージェントリグニン(ADL)を常法(自給飼料品質評価研究会2009)で測定した。発酵品質の評価は、pH、有機酸組成、揮発性塩基態窒素/全窒素(VBN/TN)をサイレージの分析法(自給飼料品質評価研究会2009)に従って測定した。

材料を採取した稲WCSの品種は、早生品種の「新潟次郎」と「コシヒカリBL」の2品種であった。「新潟次郎」は出穂期から乳熟期に、「コシヒカリBL」は出穂期から糊熟期に収穫され、「新潟次郎」は7/22~7/31、「コシヒカリBL」は7/26~8/21に収穫された。

#### 4-1 稲WCSの発酵品質

稲WCSの品種別の発酵品質および飼料成分を表1に示した。「コシヒカリBL」の一部を除いて、生育ステージの早い段階での刈り取りとなっており、水分含量の高いものが主体であった。通常、高水分の材料は、酪酸が生成されやすく、発酵品質が低下しやすいとされているが、本調査で収集した稲WCSは1点を除き、Vスコアは80点以上の良に区分されるものであった。その要因として、収穫物を高密度に圧縮成形できる汎用型飼料収穫機で収穫を行っており、発酵品質に優れた稲WCSが製造できたと考えられた。

#### 4-2 稲WCSの飼料成分

「新潟次郎」の稲WCSは、生育ステージも近似し、飼料成分も類似したものとなっている。一方、「コシヒカリBL」の稲WCSは、出穂期から穂揃い期に収穫したもの、乳熟期から糊熟期に収穫したものに分かれた。前者のaNDFom、ADLおよび非繊維性炭水化物(NFC)含量(%)は、それぞれ64.5、3.7、13.6であるが、後者のそれは、それぞれ56.6、5.2、25.4となっており、炭水化物の画分が異なっている(表2)。稲WCSの飼料成分は、稲の成熟が進むにつれて粳にデンプンが蓄積されることによって、NFC含量は増加し、相対的に繊維含量が減少する。本調査では、「コシヒカリBL」の稲WCSで、この変化が明瞭に現れており、繊維のリグニン化が進んでいることも確認された。本調査で収集した稲WCSは、移植栽培で生産されたものと推察されるが、1ヵ月に及ぶ収穫期間の中で、類似した飼料成分の稲WCSを得るには、直播で栽培を開始する「コシヒカリBL」を加えることも有効な手段と考えられる。直播栽培は移植栽培に比べ、米の収穫時期が10日程度遅くなるとされている。仮に、本調査で乳熟期から糊熟期に収穫した「コシヒカリBL」を移植栽培から直播栽培に変更した場合、出穂期から穂揃い期に当たり、1ヶ月間の収穫作業で得られる稲WCSの飼料成分は近似したものになると推察される。

また、「新潟次郎」と「コシヒカリBL」の稲WCSについて出穂期から穂揃い期に収穫した飼料を抽出して、飼料成分を比較したところ、ADLとCAを除く成分には差はなかった。「新潟次郎」

の ADL および CA 含量(%)は 4.4 と 12.3、「コシヒカリ BL」は 3.7 と 13.6 で差が認められた (P<0.05)。稲 WCS の CA は栽培圃場のケイ酸の供給量に多少に影響されることが知られており、この点は品種の特性が見極める必要がある。また、品種別の ADL 含量に関する情報は乏しく、今後、その情報収集が望まれる。また、本調査で評価した稲 WCS の生産圃場における単位面積当たりの収量と飼料成分の間には、関係は認められなかった。

今後は、利用者が欲しい稲 WCS を効率よく生産するために、GPS を活用して得られる収穫作業にかかる作業時間の情報、収穫物である稲 WCS の飼料成分や発酵品質に関する情報を統合し、飼料稲の品種選定、栽培方法、収穫作業計画に反映することが出来ると考えられる。また、その精度を高めるためには、それぞれのデータ蓄積が必要と考えられる。

### 4-3 飼料品質データと作業管理台帳の統合

飼料成分、発酵品質等の分析値は、GPS エリア解析 (saca.xlsx) の別シートにコピーし、「メイン」シートの圃場番号とリンクさせることでマクロワークブック (saca.xlsx) の 1 ファイルを管理台帳に、KML Ver.2.2 形式ファイル (KML) を作業圃場図にした。現段階では、作業管理者が (saca.xlsx) と (KML) の両方を保有し、オペレーターが (KML) を地図ソフトに読み込んで圃場の位置を確認することに設定したが、それぞれの役割や使い方の変化により、変更を随時行っていく予定である。

表 1 稲 WCS の品種別の発酵品質および飼料成分

	品種	水分	CP	EE	aNDFom	ADFom	ADL	灰分	NFC	pH	V-スコア
全サンプル	コシヒカリBL	69.7	9.2	2.9	61.4	38.4	4.3	8.3	18.1	3.89	98.6
	新潟次郎	72.0	11.1	3.2	64.6	39.6	4.7	7.8	13.2	3.97	96.7
穂揃期まで	コシヒカリBL	72.4	10.1	3.1	64.5	39.9	3.7	8.8	13.6	3.89	99.1
	新潟次郎	72.6	10.9	3.2	65.8	39.6	4.4	7.8	12.3	4.04	94.7
	P値	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	*	n.s.

穂揃期までの 2 品種の各成分について t 検定を実施。\*:5%水準で有意差あり。n.s.:有意差なし

表 2 「コシヒカリ BL」の稲 WCS の生育ステージ別の飼料成分

収穫時期	水分	CP	EE	aNDFom	ADFom	ADL	灰分	NFC	pH	V-スコア
出穂期～穂揃期	72.4	10.1	3.1	64.5	39.9	3.7	8.8	13.6	3.89	99.1
乳熟期～糊熟期	65.5	7.8	2.7	56.6	36.2	5.2	7.6	25.4	3.89	97.6
P値	**	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	**	n.s.	n.s.

収穫時期の異なるサンプルについて t 検定を実施。\*\*:1%水準で有意差あり。n.s.:有意差なし



## 総括

国産飼料基盤に立脚した畜産の確立のために、自給飼料増産が推進されている。国内の飼料作付面積は平成に入って減少を続けているが、農家戸数も減少し、1戸当たりの飼料作付面積は増加している。その結果、飼養頭数の増加、労働力の高齢化等、家族労働力の絶対的な不足が自給飼料増産の問題となっている。近年、増加する飼料作付面積に対し、コントラクターやTMRセンターが、飼料生産作業の外部化、効率化だけでなく、良質な飼料生産・利用の面でも地域において大きな役割を果たし始めており、全国でそれぞれ500組織、100カ所を超えるまでになっている。これらの組織により、飼料生産部門での実質的な草地の集積や規模拡大だけでなく、飼料の生産・調製・給与技術の高度化・高位平準化や農業副産物、食品残さなどエコフィードを活用した飼料生産などの副次的な効果を生み出している(畜産の情報 2013年2月号)。

我々が本調査を開始するきっかけとなったのは、ある学会での研究発表や情報交換であった。1つは、放牧牛の位置を知るために、GPS データロガーをバッテリーと共に首輪に組み込み、牛の移動軌跡を地図上で表示できる、という内容であった。別の1つは、シンポジウムにおいて、コントラクター利用組合の方が、トラクタ搭載型GPSを利用したコントラクター管理支援システムについて紹介していた。圃場情報管理や作業計画、作業指示、作業時間から賃金の計算までシステム化されており、農業分野でも外部委託化が進み、デジタルで一元管理するというスマートさに感動した。何より、コントラクター利用組合の方が、「すごく便利です。是非、みなさんも使うべきです。」と話しておられたのが印象的であった。

また別の2つは、トラクタ搭載型GPSのガイド機能により、大規模草地での牧草反転作業や肥料散布の精度を向上させることができるという内容であった。作業のムダやムラを省くことで、効率的な草地作業が可能になることが紹介されており、農業にも精密さが必要な時代になったのだと感じた。トラクタ搭載型GPSについては、どれもNikon-Trimble社製のEZ-Guide250を用いており、本体価格で30万円強、GPS受信アンテナが10万円弱、合わせて40万円近い機器であった。その他、多数のGPS情報収集機器やソフトウェアを探したが、コントラクター利用組合のように、本体以外のデータ編集ソフト、支援システムや地図画像を含めると、100万円以上になってしまう。

もちろん、そのような立派な管理システムを入手出来れば良いのだが、誰にでも容易なことではないと感じた。一方GPSは、カーナビゲーション、携帯電話、スマートフォン等で馴染みがあり、近年は、高性能で軽量、安価なGPS受信機器が発売されていることから、性能は高価な機器に敵わないとしても、似たようなことができるのではないかと考えた。また、管理システムが一番高価であることから、管理会社に頼らず、自己管理できる範囲であれば、多機能でなくても必要最小限のデータ管理が可能なのではないかと考えた。

まず、圃場図をデジタル化し、これまで度々パズルのように複数の地図を組み合わせて圃場位置の確認していた作業を短縮し、一枚の地図に表示させた。これによって、言葉や目印に頼ることなく、閲覧できる全ての関係者が圃場を認識できるようになった。稲WCSの収穫圃

場は、牧草や飼料用トウモロコシと違い、契約農家の変更により毎年変化することが度々あり、新規に契約された農家の栽培圃場は、提供された地番情報を元に、現地まで出向いて場所の確認をするしかなかったが、デジタル地図であれば、緯度・経度・標高の座標情報の入力・出力が可能になるため、絶対座標で圃場を特定できるようになった。収穫圃場の情報を入手してから、収穫が始まるまでの期間に、無料オンライン地図を利用し、写真表示にして個別の圃場情報を地図上にアイコン描画として追加し、作図情報を KML 形式で保存しておけばよい。本調査で対象とした圃場数 100 筆のデータ入力は、2-3 時間程度であった。

GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100 は、GPS データの取得だけでなく、遠隔地でもリアルタイムで走行位置が確認できる位置情報管理サービスとしては、業界最安値で提供されている。位置情報の精度も 1-2m の誤差範囲で正確であった。初期投資として¥30,000 がかかるが、毎月の利用料は¥3,000~¥5,000 程度で収まる。また、2015 年 3 月現在は、同社から GPS の通信間隔を 30 秒に 1 回に固定し、さらに無線通信も付与したコスモトーク II が ¥30,000 (端末機器) + ¥2,500 (月額利用料+通信料) で提供されており、GPS の通信間隔を 30 秒に 1 回に固定することが条件になるが、さらに低価格に利用できる。通常、収穫機や排出されたロールベールをラッピングするラッピングマシンのオペレーターは、作業中に携帯電話やスマートフォンを使えない。遠隔地にいる管理者がオペレーターに作業を中止させることなく、リアルタイムに進捗状況を把握することは難しい。遠隔地からリアルタイムに進捗状況を把握することを希望する管理者にとっては、有益な位置情報管理サービスであると言える。また、Web API を通じてリクエスト時のパラメータに応じて CSV 形式もしくは XML 形式で、電話番号・測位日時・緯度・経度・速度・方位を取得できるサービスは、毎月の利用料に含まれているので、これらのデータを利用して、Microsoft 社の Excel2007 (Excel) を使用することで、本調査報告書 3. GPS 位置情報からの圃場の特定と同様に作業圃場の特定と作業時間等(管理データ)を算出するマクロワークブックを開発することも可能である。

USB 接続 GPS データロガー GT-730FL-S は、データロガーとして記録することだけに特化して販売されている商品の中で、最安値で販売されている。位置情報の精度は、2-3m の誤差程度であり、隣接圃場の軌跡が重なることがあったものの、使用に支障はなかった。GPS データロガーの中には、小型ながら液晶ディスプレイがあって、数値を確認できる機種や一度の充電で連続稼働が数日間できる機種、2GB のデータ格納ができる機種もある。それぞれの特徴を知った上で、目的にあった機種を選択することで、数千円~数万円で持ち運べるサイズのデータロガーが入手できる。本調査で用いた機種は液晶ディスプレイがないタイプであったため、リアルタイムに位置情報を確認することはできないが、測位日時・緯度・経度・高度情報が得られれば、データ回収後に、圃場ごとの入出時刻、滞在時間、エリア内で移動している作業時間、停止している時間、データが存在していれば移動距離と平均速度を算出することが十分可能であった。

近年、無料地図が Web アプリやスマートフォンのアプリとして数多くダウンロード可能であり、利用規約内で個人の非営利目的であれば、多くの国や地域では手続き等を不要としている。

一般に、管理システムが一番高価であることから、地図、GPS 情報収集機器、位置情報と時間情報からの算出方法、利用者への提示の仕方を自分の目的に合うように組み合わせ、オリジナルのシステムを構築することで、安価に作業管理者が情報の一元管理を行うことが可能であった。今後は、本調査で構築したシステムを、実際に自給飼料生産組合の作業管理者に提供し、現場のニーズに合わせて改良していくことにより、使いやすくなり、収穫作業効率の向上に反映できるようなシステムに発展させていきたいと考えている。

本調査報告において、使用している地図画像は Google Earth のものではなく、ファイルの読み書きに非対応の国土地理院の電子国土 Web の画像を加工してイメージサンプルとして使用した。GPS 位置情報専用車載端末 BCL-100 の表示 Google Map 画像、Google Earth のキャプチャ画像の航空写真も電子国土 Web の画像を加工して使用した。

## 謝辞

本調査報告を行う中で、多大なご協力を頂いた新潟県魚沼市自給飼料生産組合の皆様にご感謝申し上げます。