研究資料

センシング結果に GPS 情報を自動的に付加する計測補助装置

帖佐 直*・大嶺政朗*・細川 寿*・荒木 幹**

*中央農業総合研究センター北陸研究センター

**株式会社シーズラボ

Sub-measurement Unit Self-adding GPS Information to Sensing Result

Tadashi CHOSA*, Masaaki OMINE*, Hisashi HOSOKAWA* and Kan ARAKI**

*National Agricultural Research Center Hokuriku Research Center

**C's Labo., Ltd.

1. 緒言

近年、GPS (Global Positioning System) の普及は著しい。自家用車への搭載、登山やハイキングへの利用、携帯電話との統合など新しい話題に事欠かない。農作業研究の分野においても、作業機械の稼働履歴の管理(澤村ら 2001)、作業履歴の解析(林ら 2002)、測量機器の代用(荒木ら 2004) などその利用範囲は広がっている。また、精密農法に関する研究においては、特に GPS の利用がその研究の進展に大きな役割を果たした。

今後も GPS を利用した農作業研究や農業技術開発は進展すると思われる。GPS から得られる位置情報は、それに対応した圃場条件や生育条件など他の情報を合わせて収集・管理することによりその利用価値が高まる。筆者らも自脱コンバインによる位置情報と収量情報を同時に収集しマップ化するシステムを開発し(帖佐ら 2004a)、圃場内の収量の変動を明らかにしてきた。

この時、我々 GPS 受信機ユーザの立場では、GPS からの情報は一般にはシリアルデータとして扱うが、その位置に対応した様々のセンサの情報を同時に収

集・管理するためには、パソコンに AD 変換やパルスカウントを行うインターフェイスを装備して用途に応じたシステムを構築したり(帖佐ら 2004a)、各種情報の入出力を行う専用の装置(松尾ら 2003、濱田ら 2003)を開発したりする必要があった。

本研究の目的は、GPS からのシリアルデータと各種センサからのアナログ・パルス信号を容易に統合する技術を確認することである。そこで市販のマイコンボードを用いて、GPS からの位置情報と他のセンサからの情報を同時に収集するための計測補助装置を試作した。さらに、試作装置を用いた計測システムが、収量マップの作成や滑り率の計測に有効であったのでここに報告する。

2. 計測補助装置および計測システム

1) 計測補助装置

試作した計測補助装置(図 1、表 1)は、シリアルポート (Port1, RS232C) を介して得られる GPS からの ASCII テキストのセンテンスに、同時に計測中のセンサからの情報を統合し(図 2)、シリアルポート (Port2, RS232C) から出力する。

本装置は、GPS データ受信のタイミングを各種センサからのデータ収集のトリガとすることを特徴としており、GPS データを受信する毎に、AD 変換結果の平均および、カウントしたパルスの積算値を算出する。GPS データを受信しないときは、アナログ信号については 100Hz で AD 変換を行いその結果を積算する。パルス信号については、パルス数をカウン

平成 16 年 7 月 6 日受付

平成 17 年 5 月 7 日受理

Corresponding author

帖佐 直 Tadashi CHOSA

〒 943-0193 新潟県上越市稲田 1-2-1

1-2-1 Inada, Joetsu, Niigata, 943-0193, Japan

E-mail : tchosa@affrc.go.jp

図1 計測補助装置

図3 データ処理の流れ

表1 システムの概要

マイコンボード (CPU)	秋月電子通商 AKI-H8/F3048 (日立 H8 マイコン)
電源	DC12V
GPS	<ul style="list-style-type: none">・シリアルデータ (RS232C)・通信条件: 9600,8,n,1・データの入力間隔任意 (GPS 受信機の設定に従う)・データフォーマットに制限はなし
入力信号	<ul style="list-style-type: none">・最大 4ch
アナログ	<ul style="list-style-type: none">・AD 変換の分解能 10bit・サンプリング間隔 0.01 秒 (固定)
パルス	<ul style="list-style-type: none">・1ch・パルス間隔 0.01 秒以上
出力信号 統合データ	<ul style="list-style-type: none">・シリアルデータ (RS232C)・通信条件: 9600,8,n,1

注) 試作装置の仕様を示したものであり、供試したマイコンボードの機能はこの限りではない。

図2 統合されたデータの構造

図4 データ受信・処理のタイミングチャート

トしその結果を積算する。(図3, 図4)。以上の処理は、装置の電源を on にすることで開始し、GPS およびセンサは接続するのみで特別な操作は必要ない。

GPS からのデータは連続的に出力されるものとし、その間隔は GPS 受信器の設定に依存する。ボーレートなど通信に関する設定の変更はできないが、受信する GPS データのフォーマットに制限はない。試作装置はマイコンボード (秋月電子通商 AKI-H8/F3048) を利用しており、安価で小型の計測システムを構築することができる。

2) 計測システムの構築

試作した計測装置を利用した計測システムは、計測補助装置の他に GPS、アナログやパルス信号を出力するセンサ、データ記録装置で構成される (図5)。

計測補助装置から出力されるデータは一般に入手

図5 システムの概要

図7 収量計測システムの構築例

図6 試作ソフトウェア（PDA版）概要

可能なターミナルソフト（例えば、Microsoft (R) ハイパーターミナルなど）を用いても記録できるが、ここでは屋外での操作がより容易なソフトウェアを供試した。供試したソフトウェアは、画面上のスタートコマンドをクリックする毎に、年月日および時刻に対応したファイル名を自動的に決定し、連続的に受信したシリアルデータを表示・記録する。そのため、計測時にファイル名を決定する操作を行う必要はなく、続けて計測を行っても過去のデータに上書きすることはない。本ソフトウェアについては、パソコンでの起動とPDAでの起動に対応した（図6）2種類のバージョンを試作した。

3. 利用方法の検討

1) 収量計測システム

(1) 計測システムの概要

アナログ信号を記録する事例として、本計測システムの収量計測システムへの適用について検討する。収量計測システムは、コンバインに収量センサおよ

びGPSを搭載して通常の収穫作業を行いながら刈り取り位置での収量計測を行うシステムである。本報における収量計測システムは、GPS、アナログ信号を出力する収量センサ（2種類）、計測補助装置、記録装置により構成される（図7）

中波ビーコンの補正によるD-GPS（Trimble AgGPS124）を供し、データの出力周期は1Hzとした。収量センサとしては光学式センサ（オムロンE3SA）と重量式センサ（TEAC TL-PF12）を用いた。光学式センサは揚穀オーガの排出口に取り付け穀粒流量に応じたアナログ信号を出力し、重量式センサはアンブ（TEAC TD-500）を介してタンクに充填された穀粒量に応じたアナログ信号を出力する（帖佐ら2002）。記録装置としてパソコン（東洋エレクトロ Rocky RE586）を用い、市販のターミナルソフト（Microsoft ハイパーターミナル）によりデータの記録を行った。

(2) 圃場試験

収量計測システムを4条刈りの自脱コンバイン（クボタAR52, 38kW（52PS））に搭載し、水稻の収穫作業のなかで情報収集を行った。

(3) 結果および考察

システムの装備が収穫作業に影響を及ぼす事はなく、通常の作業を通じて計測を行うことができた。位置に対応したセンサ出力を収量に換算することで、収量マップを作成した（図8）。

図4のタイミングチャートに示すとおり、GPSデータの受信間隔（ T_1 ）は、データ収集の時間（ T_2 ）と通信・演算に要する時間（ T_3 ）で構成され（式（1））、データの通信・演算に要する間は各種センサの計測は行わない。

$$T_1 = T_2 + T_3 \quad (1)$$

そのため、 T_3 はできる限り短くなることが望ましい。統合データには T_2 の時間が記録されており（図2の

- ・収集したデータから、5×5m毎の収量に応じて色分けしたマップ。
- ・太線が圃場の形状を示す。
- ・色の濃いグリッドが収量が多く、色の薄いグリッドが収量が少ないことを示す。

図8 収集データから作成した収量マップ

②、今回の収量計測では T_2 は約 0.9 秒(平均値 0.895 秒, 標準偏差 0.049 秒)であった。GPS データの受信間隔の設定は 1.0 秒であったので、 T_3 は約 0.1 秒と考えられる。つまり、GPS データの受信間隔のうち約 9 割のアナログデータから代表値を算出していると判断できる。 T_2 が変動したのは、 T_3 が一定ではないことと GPS 受信機の設定に依存する T_1 秒が厳密には変動していることが原因と思われる。

2) 滑り率計測システム

(1) 計測システムの概要

パルス信号を記録する事例として、本計測システムの滑り率計測システムへの適用について検討する。滑り率計測システムは、トラクタなどに車軸の回転計と GPS を搭載して、車軸の回転数から算出される無負荷時を想定した速さと GPS から求められる実際の速さとの比較から連続的に滑り率を算出するシステムである。本報における滑り率計測システムは、GPS、車軸回転計、計測補助装置、記録装置により構成される(図9)。

RTK-GPS (ノパテル RT2) を供し、データの出力周期は 2Hz とした。回転計は磁電式回転検出器(小野測器 MP-981)を用い、車軸の回転としてトラクタ

図9 滑り率計測システムの構築例

図10 舗装路面での速さと検出されるパルス

の後輪軸に取り付けた歯車の回転に反応するパルス(120 パルス/回転)を検出した。記録装置としてポケット PC (東芝 Genio e550GX) を用い、前項(2. 2)) で示したソフトウェア(PDA 版)によりデータの記録を行った。

(2) 圃場試験

滑り率計測システムをトラクタ(クボタ KL41H 30.9kW (42.0PS)) に搭載し、舗装路面でカウントしたパルスの確認を行うとともに、水稻作の耕うん作業に供試して連続的な滑り率の計測を行った。

(3) 結果および考察

舗装路面の走行については、走行 10m の平均速さと単位時間当たりのパルス数との間には正の相関が認められ(図 10)、適切な計測が行われたことが確認された。滑り率の算出にあたっては、この結果を較

正直線として無負荷時の速さとした。

今回の滑り率計測では図 4 および式 (1) におけるデータ収集の時間 T_2 は約 0.4 秒 (平均値 0.378 秒, 標準偏差 0.040 秒) であった。GPS データの受信間隔の設定は 0.5 秒であったので, 通信・演算に要する時間 T_3 は約 0.1 秒と考えられ, 前項の収量計測の際示した値に一致する。これは, GPS データの受信間隔が変化しても通信・演算に要する時間 (T_3) には影響を及ぼさないためである。このことは, GPS データの受信間隔が短くなるとその間隔における代表値の算出が不適切になる可能性があるという問題を引き起こす。GPS データの受信間隔が 0.5 秒の時, GPS データの受信間隔のうちセンシングした約 8 割のデータから代表値を算出していると判断できる。

耕うん作業時のデータについても, 車軸回転による単位時間当たりのパルス数から無負荷時の速さを求め, 同時に収集している GPS の情報から実際の速さと比較し, 連続的な滑り率の変化を算出することができた (図 11)。連続的な滑り率については GPS からの位置の情報にも対応しているので, 局所的な滑り率の変化をマップとしても表現できる (帖佐ら 2004b)。

図 11 においては, 耕うん時に得られたデータについて GPS からの速さおよび車軸回転から得られる速さそれぞれの移動平均 (20 点の平均値, 約 2.5 ~ 5m 毎の平均に相当) から滑り率を算出した。それぞれの移動平均を算出したのは, 供試したシステムにお

いて通信・演算に要する時間 (図 4, 式 (1) における T_3) はパルスのカウントが行われておらず GPS からの速さとカウントしたパルス数は厳密には対応しない可能性があるためである。前述したとおり T_3 の時間に大きな変化はないので, GPS 信号の出力間隔を長くすれば T_3 は相対的には短くなり, GPS からの速さとカウントしたパルス数はより適切に対応する。そのため, このような移動平均を求める必要はなくなる。その反面, 時間あるいは走行位置について細かな滑り率の変化の様子は把握できなくなってしまう。時間や位置についての分解能や滑り率の精度などについて, 計測の目的に応じて最適な計測環境を決定する必要がある。

4. 今後の課題と適用場面の拡張

試作した計測補助装置においては, 屋外作業時に円滑な計測が実現できる点に主眼をおき, 不測的なトラブルを回避するために GPS およびデータ記録装置との通信の際には AD 変換およびパルスのカウントを停止させた。そのため, GPS 信号の受信間隔によっては 1 割から 2 割のアナログデータおよびパルスデータを見逃してアナログ信号の平均値や単位時間当たりのパルス数を算出した。本報で示した収量や滑り率などの圃場内の大まかな変動をモニタリングする目的では十分な機能を有していると判断している。さらにマイコンボードでの処理を改善したり, GPS データの受信間隔を用途に応じて適切に設定したりすることで, より厳密な計測にも対応できる。

本報では, 収量計測システムと滑り率計測システムを例として挙げ, それぞれについて検証したが, 試作した計測補助装置はアナログ信号やパルス信号を出力するセンサであればセンサの種類に限定はない。そのため農作業研究においては, 圃場内の位置情報と合わせて様々な情報 (作物の生育, 機械の動作状況, 作業負担, 作業環境など) を収集するシステムへの適用が考えられる。

小型で安価な計測システム構築の例として, PDA を利用したデータ記録についても検証したが, 無線モデムや LAN など組み合わせることで, 振動や粉塵にさらされない環境で, 連続的に出力される統合データを収集・管理することも可能である。

付記

本報における, GPS 信号をトリガとすることによる計測補助装置, 本装置を用いた収量計測システム

図 11 耕うん中の滑り率の変化

および滑り率計測システムについては、「GPS 信号をトリガとする計測システム」として特許出願中(特願 2004-135375)である。

5. 摘要

本研究の目的は、GPS からのシリアルデータと各種センサからのアナログ信号およびパルス信号を容易に統合する技術を確立することである。

試作した計測補助装置は、GPS からのシリアルデータと他のセンサからの情報とを GPS 信号をトリガとして統合する。また試作装置は、市販のマイコンボードを用いて作られているため、安価な計測システムを簡易に構築することができる。計測システムは本装置の他に、GPS 受信機、各種センサ、データ記録装置で構成され、それぞれを接続するだけで動作する。

開発装置を適用して収量計測システムおよび滑り率計測システムを構築した。それぞれのシステムをコンバインによる収穫作業と水稲作における耕うん作業に供試し、通常の作業を通じて適切なデータ収集を行うことができることを示した。

試作した計測補助装置はアナログ信号やパルス信号を出力するセンサであればセンサの種類に限定はない。そのため圃場内の位置情報と合わせた作物の生育、機械の動作状況、作業負担、作業環境などの様々な情報収集システムの構築が期待できる。また、無線モデムなどと組み合わせて遠隔地でデータを管理することも可能である。

謝辞

試作したシステムの実証試験に際しては、石川県農業総合研究センターの国立卓生氏(現中央農業総合研究センター)、中央農業総合研究センター・北陸研究センターの野崎育雄氏、関口誠氏、矢崎孝司氏に協力を得た。記して関係各位に謝意を表する。

キーワード

GPS, マイコン, シリアルデータ, アナログ信号, パルス信号, 統合, 計測

引用文献

荒木琢也・深山大介・宮崎昌宏・井潤健二(2004): 分散茶園情報取得技術の開発—GPSを用いた茶園面積の簡易計測—, 農作業研究39(別1):13-14.

帖佐直・小林恭・大黒正道・柴田洋一・大嶺政朗(2002): 自脱コンバイン用収量計測システムに関する研究(第1報)—光学式センサと重量式センサの収量モニタへの適用—, 農業機械学会誌64(6):145-153.

帖佐直・柴田洋一・大嶺政朗・鳥山和伸・荒木幹(2004a): 自脱コンバイン用収量計測システムに関する研究(第3報)—情報収集, 解析, マップ作成の体系化—, 農業機械学会誌66(2):137-144.

帖佐直・大嶺政朗・細川寿・荒木幹(2004b): マイコンボードを利用したスリップ率計測システム, 農業機械学会関東支部第40回年次大会講演要旨集:22-23.

濱田安之・松尾陽介・津賀幸之介・山本聡史・行本修・野口伸・山形県立農業試験場・北海道立中央農業試験場・井関農機(株)・(株)ソキア・DXアンテナ(株)・日本航空電子工業(株)・日本電計(株)・日本無線(株)・ヤンマー農機(株)(2003): 運転支援用作業ナビゲータ, 第62回農業機械学会年次大会講演要旨集:475-476.

林和伸・西村洋(2002): GPSを用いた作業能率解析装置と能率試験(第4報)—田植え及び直播作業の実態調査と記録・解析システムの改良—, 農作業研究37(別1):11-12.

松尾陽介・濱田安之・津賀幸之介・山本聡史・行本修・野口伸・山形県立農業試験場・北海道立中央農業試験場・井関農機(株)・(株)ソキア・DXアンテナ(株)・日本航空電子工業(株)・日本電計(株)・日本無線(株)・ヤンマー農機(株)(2003): 精密農業用ナビゲータ, 第62回農業機械学会年次大会講演要旨集:473-474.

澤村篤・石田三佳・住田憲俊・喜田環樹(2001): 農用トラクタの稼働状況モニタリングシステム—トラック等の運送システムの適応—, 第60回農業機械学会年次大会講演要旨:201-202.

Summary

The objective of this research was to develop a sub-measurement unit that integrates the serial data from a GPS device and signals from various sensors triggered by the GPS signal. Since the unit uses a commercially available microcomputer, it can easily be used to build inexpensive measurement systems consisting of a data-logging unit, the sub-measurement unit, a GPS device,

and various sensors whose output signals are analog or pulse signals. The sub-measurement unit can be used to integrate signals by simply connecting the GPS device and sensors.

This report discusses, as examples of application of the unit, systems for measuring yield and slip ratio. Results of field experiments showed that these systems could be used for acquiring combine harvesting data and rotary tillage data.

The sub-measurement unit is not limited to systems measuring yield and slip ratio or by the requirement that

the sensor signals be either analog or pulse signals. It can therefore be used to set up systems that gather various kinds of data (concerning, e.g., crop growth, machine operation, labor intensity, and the working environment) and integrate this data with positional information. A wireless modem for data logging can also be incorporated into the unit.

Keywords

GPS, microcomputer, serial data, analog signal, pulse signal, integration, measurement