

# 国際規格を活用した農業機械の通信制御システムの開発

堤 大祐, 中西 洋介, 万城目 聡, 多田 達実

## Communication Control System for Agricultural Machinery with Communicational International Standard

Daisuke TSUTSUMI, Yohsuke NAKANISHI, Akira MANJOME, Tatsumi TADA

### 抄 録

ヨーロッパでは、農業機械用に定められた通信の国際規格ISOBUS (ISO-11783) を採用した農業機械が普及しつつある。この規格はメーカーを問わずトラクタと農業機械を接続して、相互に通信し制御する技術に関するものである。道内農業機械メーカーはこの規格への対応を検討している。本研究ではこの規格の普及を促進するために、ポテトハーベスタを対象として国際規格を活用した通信制御システムを開発した。液晶表示機能を有する操作機（液晶操作端末）とポテトハーベスタのコントローラを通信制御することにより、操作性の向上と配線数を削減する省線化を実現した。

キーワード：ISO-11783, 通信制御システム, 農業機械

### Abstract

Agricultural machinery applied the international standard ISOBUS (ISO-11783) increases in Europe. The standard defines a communication protocol for agricultural machinery. Specifically the standard enables to develop a cooperative system by connecting farm working machinery to a tractor. For acceleration to apply the standard to agricultural machinery of Hokkaido manufacturers, we developed a communication control system of a potato harvester. The communication control system controls the potato harvester which communicates operational units with LCD panels. Accordingly, operational performance is increased and electrical wires are reduced.

KEY-WORDS : ISO-11783, Communicate control system, Agricultural machinery

## 1. はじめに

ヨーロッパのトラクタや農業機械のメーカーは農業機械用に定められた通信の国際規格ISOBUS (ISO-11783) を採用している。この規格はメーカーを問わずトラクタと農業機械を接続して制御できるようにするものである。ISOBUSの通信は車載系のネットワークとして広く普及しているCAN (Controller Area Network) バス<sup>2)</sup>を使用する。CANバスは2本線によるシリアル通信である。日本においては(独)農業・食品産業技術総合研究機構がISOBUSが規格化される前から農作業機械におけるCANバスを用いた通信技術の適用に関する研究を行っている<sup>1)</sup>。現在、日本のトラクタメーカーなどはこの国

際規格に対応しつつあるが、道内農業機械メーカーは対応を検討している。

通信のインターフェースを統一するとコントローラ、液晶操作端末などの標準化が可能になる。標準化が進むと代替品の使用など互換性が向上し、多機能な液晶操作端末の使用など部品の選択肢が広まり、操作性などを向上させることができる。

また、操作盤に配置されたスイッチの数だけ必要だった配線がCANバスに接続することにより2本線で済み、配線数を削減する省線化が可能となる。省線化の結果、線材のコスト削減と軽量化を図ることができる。さらに、トラクタやGPS等のセンサからの車速情報、位置情報などの活用も容易となり農業機械の制御の高度化を図ることができる。

事業名：経常研究

課題名：国際規格に対応した農業機械の通信制御技術に関する研究

本研究ではポテトハーベスタに通信技術を適用し、機能性・操作性を向上させる通信制御システムを開発した。なお、ポテトハーベスタのコントローラと、液晶操作端末の操作と状態表示に関する通信に国際規格を適用した。

## 2. 国際規格ISOBUS (ISO-11783)

ISOBUSは農業機械間におけるCANバスを用いた通信規格である。この規格は輸送用車両、建設用車両などの通信規格であるSAE J1939をもとにしている。

ISOBUSではトラクタと作業機を接続して、トラクタから作業機を操作することができる。また、作業機からトラクタを操作することも可能であり、さらに、トラクタに複数の作業機を接続することも可能となっている。ISOBUSは表1に示す13のPartから構成される。

表 1 ISOBUSの規格の構成

Part 1: General standard for mobile data communication
Part 2: Physical layer
Part 3: Data link layer
Part 4: Network layer
Part 5: Network Management
Part 6: Virtual terminal
Part 7: Implement messages application layer
Part 8: Power train messages
Part 9: Tractor ECU
Part 10: Task controller and management information system data interchange
Part 11: Mobile data element dictionary
Part 12: Diagnostics services
Part 13: File server

ISOBUSではトラクタに搭載した図1に示すような操作端末（VT：バーチャルターミナル）から作業機を操作する。作業機が変わってもVTを共通にすることができる。そのため、作業機毎に操作盤をトラクタ内に設置する必要はない。VTを装備したトラクタの運転席の様子を図2に示す。また、トラクタと作業機は規格で定められたコネクタを用いて接続するため、脱着に要する時間を短縮できる。このコネクタには、CANバスの通信線をはじめ、ECU（電子制御ユニット：作業機の制御用コンピュータ、コントローラ）用の電源、ライトやモータなどの駆動用電源が割り当てられている。トラクタ側のコネクタを図3に、作業機側のコネクタを図4にそれぞれ示す。ISOBUSに対応したトラクタは車速など様々な情報を送信できる機能を有するため、作業機はそれらの情報

を通信によって容易に取得できる。そのため、センサ類を別途付加せずに、作業機側は車速連動など新しい機能を実現することができる。

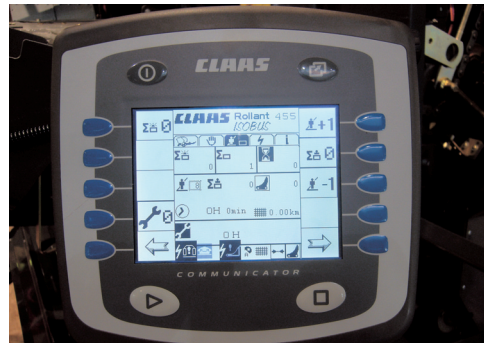


図1 バーチャルターミナルの例



図2 バーチャルターミナルを装備したトラクタの運転席

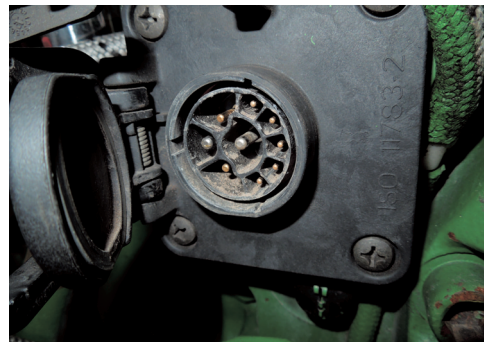


図3 トラクタ側のISOBUSコネクタ



図4 作業機側のISOBUSコネクタ

### 3. ポテトハーベスタ用通信制御システムの開発

#### 3.1 ポテトハーベスタの概要と現状の課題

ポテトハーベスタの外観を図5に示す。ポテトハーベスタはトラクタで牽引しながら、芋の収穫作業を行う農業機械である。具体的には、土中の芋を掘り起こし、茎葉、土塊、小芋を除き、芋をタンクに一時保管する。収穫後、タンクに保管した芋を排出する。収穫作業を行うため、芋を掘り起こす掘取り刃、タンクに搬送するためのコンベアなどは複数の油圧シリンダ、油圧モータなどを用いて動作させて収穫する。これらの動作は図6に示す操作盤にあるスイッチ類を用いて操作する。また、収穫作業においては、トラクタを運転する要員と、ポテトハーベスタに乗務し、芋の選別作業を行う要員が必要である。



図5 ポテトハーベスタの外観

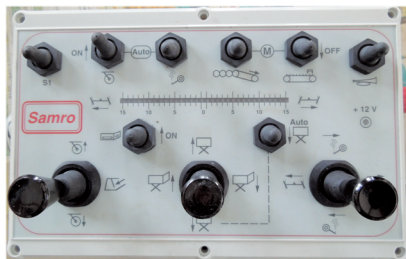


図6 従来の操作盤

ポテトハーベスタを用いた収穫作業の基本的な操作を表2に示す。

表2 ポテトハーベスタを用いた収穫作業の流れ

	作業内容	ト	ポ
A)	ポテトハーベスタを畦に合わせる。	○	—
B)	搬送用コンベアの色度を調整する。	◎	—
C)	掘取り刃を下げ、深さを調整する。	◎	◎
D)	トラクタを走らせて芋を土と一緒に掘り起こす。	◎	—
E)	小芋や土塊を選別、除去する。	—	◎
F)	ステアリングを操作して、次の畦に移動する。	○	—
G)	A)の操作に戻って、芋を収穫する。	—	—
H)	収穫終了後、タンクに保管した芋を排出する。	○	○

ト：トラクタ側から操作することが望ましい作業

ポ：ポテトハーベスタ側から操作することが望ましい作業

表2に示す作業で、○印のA), F), H)は収穫前後に行う操作である。一方、◎印のついたB), C), D), E)は収穫作業中に調整が必要な操作である。表2中のト列の◎印のついたB), C), D)はトラクタ側から操作することが望ましい作業、ポ列の◎印のついたC), E)はポテトハーベスタ側から操作することが望ましい作業である。また、C)はトラクタ側とポテトハーベスタ側の両方から操作することが望ましい作業である。従来、これらの操作は図6の操作盤1系統で操作した。操作盤はトラクタ側またはポテトハーベスタ側のどちらかに設置するため、操作性に課題があった。

また、ポテトハーベスタには作業の負荷を低減するため、いくつかの自動制御機能が組み込まれている。主なものを以下に示す。

- (1) 畦合わせ自動：走行中、畦からのズレを自動で補正する。
- (2) 掘取り深さ自動：掘取り刃の深さを一定に保つ。
- (3) ステアリング自動復帰：枕地旋回時、舵を切ったステアリングを中立位置に自動で戻す。

図6に示す従来の操作盤を用いて操作する場合、スイッチ類の数だけ配線が必要となる。そのため、トラクタ側とポテトハーベスタ側の両方に操作盤を設置する場合、配線数は2倍となり、コントローラの制御も複雑になる。

#### 3.2 通信制御システムの構成

開発したポテトハーベスタの通信制御システムを図7に示す。通信制御システムはポテトハーベスタのコントローラ、液晶操作端末を2台（トラクタ側とポテトハーベスタ側にそれぞれ設置）、ジョイスティック、車速センサから構成され、それらをCANバスで接続した。

ポテトハーベスタはタッチパネル機能付きの液晶を備えた液晶操作端末とジョイスティックで操作する仕様とした。車速センサはマイコンを用いて、GPSから得た車速を国際規格の仕様に変換した。使用した液晶操作端末を図8に、ジョイスティックを図9に、車速センサを図10にそれぞれ示す。2台の液晶操作端末はトラクタ側とハーベスタ側のそれぞれに設置し、どちらからでも操作可能とした。

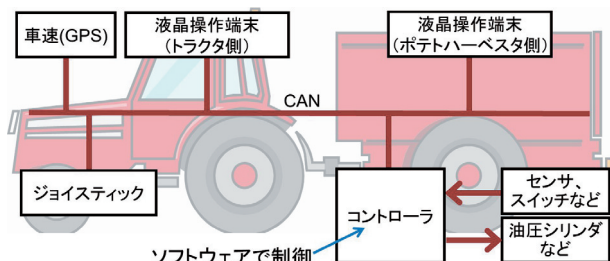


図7 通信制御システムの構成



ポテトハーベスタのコントローラを図11に示す。コントローラには通信機能と制御機能がある。通信機能はCANバス上にある2台の液晶操作端末、複数のセンサなどから情報を受信する機能と、センサの情報、通信制御システムの状態を液晶操作端末へ送信する機能である。制御機能は複数の油圧シリンダなどポテトハーベスタの機構を制御する機能である。

### 3.3 通信プロトコル

CANバスは主に車載用に使用されるネットワークで1回の送受信あたり最大8バイトのデータを扱える。通信速度は最大1000kbit/sである。液晶操作端末のボタン操作、情報の表示は国際規格の仕様で設計した。通信速度においても国際規格に合わせて250kbit/s<sup>3)</sup>とした。

国際規格ではバイトの意味づけが定義されており、液晶操作端末のボタン操作時のデータフォーマット例を図12に示す。左をByte1, 右をByte8とし、値は16進数表記である。Byte1

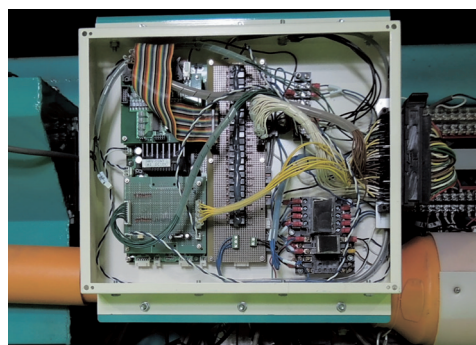


図11 ポテトハーベスタのコントローラ

の00はコマンドでボタン操作を示す。Byte2の01はボタンの状態で「押した」を示す。00の場合は「離れた」状態、02の場合は「押し続ける」状態をそれぞれ示す。Byte3とByte4の0131（上位Byteと下位Byteが入れ替わる）はオブジェクト番号を示し、Byte5とByte6の01D4は現在の画面の識別番号（ID）を示す。Byte7の16はボタンの番号を示す。Byte8は固定でFFである<sup>4)</sup>。



図8 液晶操作端末

Byte 1	2	3	4	5	6	7	8
00	01	31	01	D4	01	16	FF

図12 ボタン操作の例（押した場合）

データの表示はコントローラと液晶操作端末であらかじめ変数にIDを与えておき、そのIDにデータを与える。液晶操作端末に表示するためのデータフォーマット例を図13に示す。Byte1のA8はコマンドで変数の更新を示す。Byte2とByte3の085Cは変数のボタンのIDを示す。Byte4は固定でFFである。Byte5からByte8の000184A8は変数の値を示す。変数のデータ長はこの例の32-bit長の他、16-bit長および8-bit長も扱える。



図9 ジョイスティック

Byte 1	2	3	4	5	6	7	8
A8	5C	08	FF	A8	84	01	00

図13 データ表示の例

ボタンは約20種類あり、コンベア回転、タンク操作、畦合わせの自動機能のON/OFFなどの操作を行う。データの表示は約50種類あり、センサの状態や値、自動機能の状態、シリンダの稼働状態などの表示を行う。各操作と表示にIDを割り当てた。

### 3.4 操作系の設計

操作系の設計では、まず、表2に示したユーザの利用シーンを観察し、操作項目と頻度・優先度を整理した。その結果



図10 車速センサ

を踏まえ、分かりやすく操作しやすいインターフェースの実現を目指した。液晶操作端末の画面デザインにおいては、トラクタ側とポテトハーベスタ側の操作に必要な機能を選択し、表示の位置・大きさを検討した。その結果、ポテトハーベスタの動作状態を把握しやすいように、搬送コンベアの回転速度やセンサの状態を画面中央に表示した。搬送コンベアの速度、堀取り刃の深さと芋タンク類の操作ボタンを画面の左右に配置した。また、堀取り刃については深さの状態を表示した。トラクタ側の表示を図14に、ポテトハーベスタ側の表示を図15にそれぞれ示す。トラクタ側には、表2のB)にある搬送コンベアの速度調整のボタン(図14右上の「コンベア速」、「コンベア遅」)を配置し、ポテトハーベスタ側には、表2のE)にある芋と土塊を選別使用するコンベアの起動ボタン(図15右上の「選別CV回転」)を配置した。トラクタ側とポテトハーベスタ側で共通に使用するため堀取り深さの操作ボタン(図14, 図15右下の「深さキープ」)を両方に配置した。

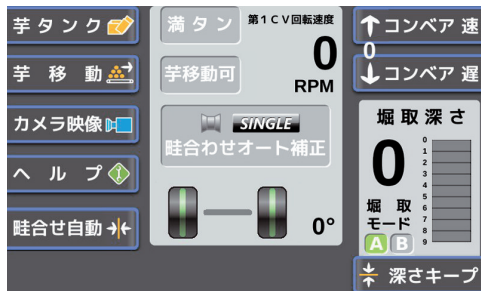


図14 トラクタ側液晶操作端末の表示

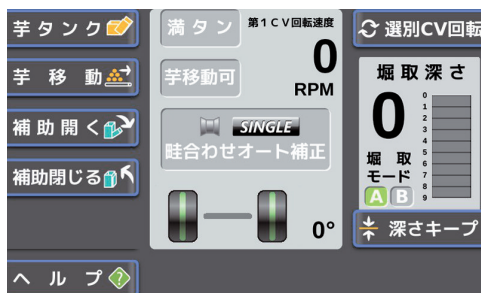


図15 ポテトハーベスタ側液晶操作端末の表示

### 3.5 コントローラの開発

コントローラの役割は、複数のセンサを監視し、複数の油圧シリンダを操作して芋の収穫作業を行うことである。油圧シリンダの操作は手動操作によるものと、自動機能によるものがある。手動操作は非常停止ボタンなど一部の操作を除き、すべてトラクタ側とポテトハーベスタ側にある液晶操作端末からCANバスを通して行う。また、コントローラの動作状態、制御状態、センサの状態などすべての情報をコントローラからCANバスを通して両方の液晶操作端末に送信する。

コントローラは図16に示す4つの動作モードを遷移しながら

ら機能する。電源OFFから電源を入れると通常動作モードになる。この状態はポテトハーベスタのすべての動作を行える状態である。通常モードにおいて、非常停止ボタンを押すと、非常停止動作モードに遷移し、ポテトハーベスタの動作は停止する。この時、液晶操作端末は図17に示す非常停止状態を表示する。非常停止動作モードになると、非常停止ボタンを戻しても通常動作モードには戻らず、復帰準備動作モードに遷移する。この状態に遷移した後、コントローラのリセットボタンを押すことによって、通常動作モードに遷移できる。非常停止ボタンを戻した場合、システムが急に動作することを防ぐため、このような手順とした。

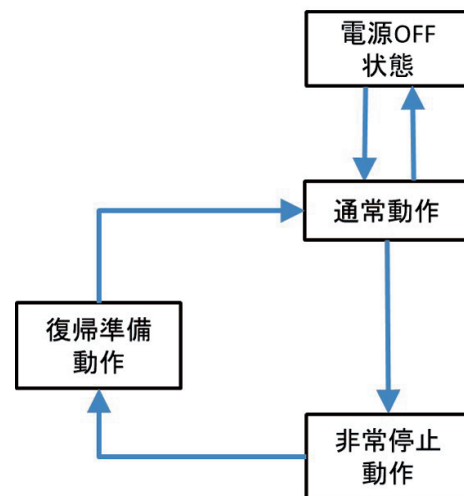


図16 通信制御システムの動作モード



図17 非常停止状態を示す表示

そのほか、自動機能の動作中に手動操作を行った場合、手動操作を優先し、自動機能をOFFにする仕様とした。自動機能を再度ONにする場合、液晶操作端末から改めて指示を出す。これにより、手動操作終了後、自動機能が有効になり意図しない動作となることを防いだ。

## 4. ポテトハーベスタの動作試験

実際の圃場において収穫作業を行い通信制御システムを試験した。図18に圃場での通信試験の様子を示す。試験ではトラクタでポテトハーベスタを牽引しながら、土中から芋を掘

り起こして収穫する一連の作業を行った。図19に収穫中の芋の様子を示す。また、CANバスの通信をモニタしてポテトハーベスタの動作を監視・記録を行った。監視画面の様子を図20に示す。

圃場での収穫作業の結果と、記録したCANバスの通信を分析した結果、液晶操作端末によるポテトハーベスタへの指示、ポテトハーベスタの状態表示、コントローラによるポテトハーベスタの制御が適切に行われており、通信制御システムが正常に機能していることを確認した。



図18 圃場における通信制御試験



図19 収穫中の芋

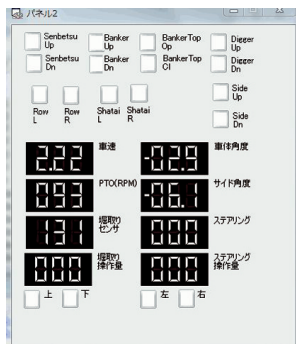


図20 動作状態の監視画面

## 5. まとめ

国際規格を活用したポテトハーベスタの通信制御システムを開発した。これにより、必要な情報を見やすく表示した液晶操作端末をトラクタ側とポテトハーベスタ側の両方に設置し、どちらからも操作可能になった。以上のことから、通信制御システムの開発により機能性・操作性を向上させることができた。さらに、CANバスの使用により、配線数を削減する省線化を図ることができた。

今後は、各種農業機械において、国際規格を活用した高精度な制御や新しい機能を搭載した通信制御システムの検討を進めていきたい。

## 謝辞

サンエイ工業(株)には、通信制御システムの開発と圃場試験において、ご協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 寺尾日出男, CANによる制御通信と国際規格の動向, 第61回農業機械学会年次大会, pp.653-656, (2002)
- 2) CAN Specification Version 2.0, Robert Bosch GmbH, 1991
- 3) Tractors and machinery for agriculture and forestry –Serial control and communications data network–, Part2: Physical layer, 2002
- 4) Tractors and machinery for agriculture and forestry –Serial control and communications data network–, Part6: Virtual terminal, 2010