

## 高度化する農業技術（機械・情報）と 大規模先進農業への活用（Ⅱ）

—トラクタ・作業機の通信制御システムやGPSガイダンスシステム導入を中心に—

本会は、社団法人農林水産技術情報協会（現（社）農林水産・食品産業技術振興協会）、北海道、一般社団法人北海道農業機械工業会と共催で、平成23年12月6日（火）にKKRホテル札幌において、「高度化する農業技術（機械・情報）と大規模先進農業への活用」を基本テーマとして、地域農業交流セミナーを開催しました。210余名の出席者を交えて基調講演、海外情勢報告、研究報告、総合討論が行われました。4月号では北海道大学大学院農学研究院教授野口伸氏の基調講演と北海道総合研究センター中央農業試験場生産研究部長竹中秀行氏の海外情勢報告の概要を紹介し、今月号では引き続き行われた研究報告、総合討論の概要を紹介します。

### 研究報告1

## 稲麦大豆等土地利用型農業における自動農作業体系化技術の開発

石井 一暢\*



石井 一暢 氏

る自動農作業体系化技術の開発」について報告します。

私からは、農林水産省の委託プロジェクトの農作業の軽労化に向けた農業自動化アシストシステムの開発という大きなプロジェクトの中の「稲麦大豆等土地利用型農業にお

本プロジェクトは、中核機関の北海道大学を中心に京都大学、行政法人として委嘱の北海道農業研究センター、企業としてヤンマー、日立ソリューションズ、トプコン、ボッシュの産官学が全部そろって10機関38名の研究者を中心とした、5年間で総額5億円のプロジェクトです。

### 研究開発の内容と目標

研究の主目的はロボットを中心とした農作業システムの開発です。ただ日本のロボット、農作業体系を考えると、北海道の大規模な農業と本州型の小区画で分散型の圃場タイ

\*いしい かずのぶ

北海道大学大学院農学研究院准教授



図1 分散錯圃型農業と大規模農業

ブと一緒に考えることはできませんので、分散錯圃型農業、大規模農業の2つの視点から作業体系を考えていきます。これらを支える共通基盤の技術開発、ロボット作業体系の確立だけでは研究だけで終わってしまいますので、経済的に見合うかどうかを検証していきます。北海道の大規模農業では隣接している圃場がたくさんありますので、ある程度ロボットを導入しやすい。ところが本州型の分散錯圃では、1軒の農家が持っている圃場があちこちにあり、途中で必ず移動経路が入るものがたくさんあります。使用されているトラクタは本州型の場合大体30馬力程度で、ハンドル一つとってみても昔からのメカニカルな機構となっているので、何か改造しようとする多大な改造コストがかかります。一方、北海道で使われているような80馬力～100馬力以上のクラスでは大抵油圧シリンダー（油圧気筒）でステアリング（方向変換装置）をコントロールするようになっていきますので、電磁弁を少し改造すれば簡単にハンドルを切ることができます。使っているトラクタ一つとってみても、かなり大きな違いがあります。そうすると、当然、大規模な所では長時間連続作業ができて、効率的で、生産コストを低減するような方向で考えていかなければなりませんし、分散錯圃では移動も含んだようなスケジューリング問題が中心にな



図2 Multi-GNSSを使った圃場の管理

るように研究の方向性が変わってきます。

図1の左の方が本州型で、あちこちに圃場が分布している状態です。右の北海道の深川のような所では1枚の圃場が1ha以上で、効率よく作業する方法に考え方が変わってきます。

大規模型に関しては北大、北農研が中心に、分散錯圃に関しては、京大や北農研が中心になって研究開発を行っています。それらを支える基盤技術のGPS（全地球測位システム）や作業を管理するシステム、安全装置、その他に関しては両方に共通するので技術グループを設置して、開発しています。

この研究開発は、最初の3年間で終わらせて、後半は実証試験で、どれぐらいの効率があるか、そして安全性はどうかを検証していきながらブラッシュアップしていくという研究構成です。その中身をざっとかいつまんでご紹介します。

図2は先ほど野口先生のところにも出てきました（農業誌3月号）が、Multi-GNSS（全地球的航法衛星システム）を使い、圃場の管理をするためのマップを管理する別のオフィスがあり、そちらとやりとりしながら効率よく運用していくシステムです。最終的には最低限4台のトラクタを1カ所で集中管理しながら現地作業員が、こちらで肥料が足りなくなった、あるいはこちらで何かトラブルが

あったというときに移動できるような人数、最低限2人の人間で4台をカバーすれば人的な資源も削減できると考えています。

このようなシステムは、基本になるロボットの管理システムに対して現地システムが、ロボットからロボットトラクタがどのように動いているかを情報システムに送ったり、逆に現地担当者に、こういう状態だから見てきてくださいという通信ができるような形です。なおかつトラクタにつながっているものは1つの通信システムで、ISOBUSを中心とした通信システムで管理する方法です。

本州のような小さい圃場がたくさん集まっている所では、通信システムの運用が難しく、現地担当者がトラクタを動かすことになります。つまり、圃場と圃場の間は一般道になり、そこをロボットに走行させるのは法的に問題が出てくるので、現地担当者が乗って移動させるか、補助作業員として監視しながら移動するという形を取り、ロボットトラクタが安全に運用できるシステムを構築していきます。

最終的なロボットの研究開発目標は、少なくとも現在人間がやっている作業精度と同じ作業精度を満たすことです。ですから、今のところ走行精度は10cmを最終目標として、現地作業員をプラスして、2人の人間で4台以上のロボットを24時間運用することができる作業管理システムを構築することです。

## 共通基盤技術の開発

### ①低コスト航法センサーの開発

共通基盤技術の開発は、まず、トプコンが中心になって担当している Multi-GNSS の低コスト航法センサーの開発です(図3)。GPS(全地球測位システム)もしくはGNSS(全地球的航法衛星システム)というアメリカの衛星、ロシアの GLONASS、またヨーロッパの Galileo、将来的には日本が現在打ち



図3 Multi-GNSS 低コスト航法センサーの開発

上げている準天頂衛星などですが、このような複数の位置計測システムを活用して高精度な測位をするのが1つのコンセプトです。ただし、位置だけで車を制御するのは難しく、自分がどこにいてどちらを向いているかを決めるのが次の作業に影響してきますので、必ず位置と方位が必要です。つまり、GPSもしくはGNSS プラス方位を計測するセンサーが必ず必要ということです。

今回開発しているのは、トプコンの方位も計測できるセンサーが付いているもので、これは位置と方位をワンパッケージで提供できますから、これを使ってロボットに作業させることができます。

GPSは普及してきているので、値段は下がってきていますが、欧米諸国では1人の人間もしくは複数のトラクタがGPSを付けてアタッチメントタイプにして次の所に持っていくという使い方をしていました。これは当然トラクタとコンバインなど、播種と収穫を同時にやることのない作業機がありますが、全部にこういう高価なセンサーを取り付ける必要はありません。使うときにだけそれを付けてやればよいという考え方です。そのために、いろいろなトラクタに航法センサーを用意しておいて、必要最小限だけ載せ替えるというアタッチメントタイプのセンサーも同時に開発しています(図4)。



図4 Multi-GNSS 航法センサとロボットコントローラの使い方

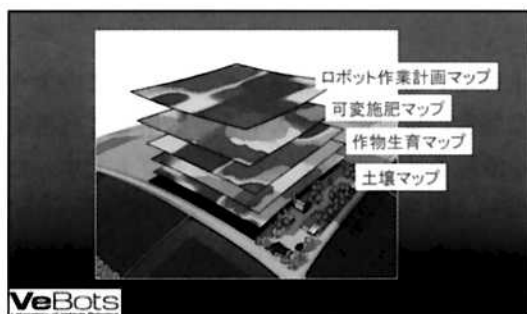


図5 ロボット作業管理システム—ロボット作業計画 GIS—

このように複数のロボットが動くようになると、それがきちんと動いていることを管理しなければなりませんので、ロボットの作業管理システムも開発しています。これは既にJAに結構導入されていて、GeoMaionFarmというソフトウェアがあります。このソフトウェアは、実際の生育の状態、土壌分析のデータを地図上で管理できるGIS（地理情報システム）です。このGISの中にロボットのシステムを統合して管理することを考えています。

ロボットの作業計画と作業の状態、土壌の状態を多層のレイヤー（層）の形で管理することで効率よく運用することが出来ます（図5）。

1つの事例ですが、ロボットが運用されている位置が表示され、そのロボットをクリックすると、現在何番のロボットが作業しているのかを監視することができます。例えば肥

料が切れそうだというのをオフィスで見て、現場作業員に連絡することができます。たくさんロボットが同時に作業している場合にも1枚の画面の中にそれぞれのロボットを同時に表示することで、きちんと動いているかを監視することができるシステムです。

ロボットがそれぞれ自立的に動いていて、それを人間がずっと監視しているわけではないですから、木が倒れていた、前の方に障害物があったなど、前回作業したときと環境が変わっていたりするので、ある程度安全監視が当然必要になります。そのためのシステム開発をボッシュを中心にしてやっています。

自動車等に付けられているようなさまざまなセンサーでは、最近、車の前にカメラや距離計を設置し衝突を防いだり、周りに物が近づいていることを検知するシステムが普及しています。ただし使用される環境が違いますから、同じように運用することはできませんが、そういうシステムを援用することで周辺の安全対策を行うことも当然必要になってきます。こういうことを基盤開発の中に盛り込んでいます。

## ②生態情報センサーの開発

もう1つ、生態情報センサーの開発をしています。農家の人たちは作業しながら周りの情報を必ず見っていますが、ロボットが作業するようになると何が足りなくなってくるかというそういう情報が入ってこなくなります。それを補うためには人間の目に代わる情報を必ず入れなければなりません。そうすることでロボットに知能を付けてインテリジェントなロボットにします。そういう情報を蓄えるための生体情報センサーも一緒に開発しています（図6）。これは今まで私たちの所で開発してきたものを付け加えるような形になっていますが、特殊なカメラ等を使うことで生育状態を判断できるような研究が行われていますので、土壌の有機物も、ヘリコプター

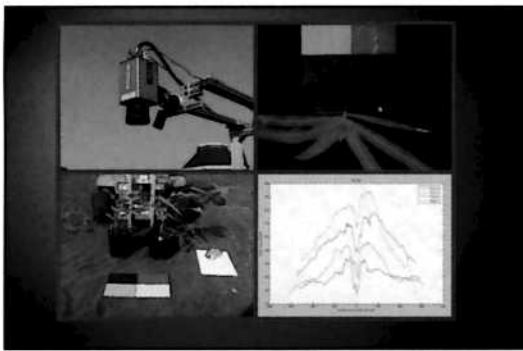


図6 生体情報センサー（作物の生育状態，ストレス，活性度等の非破壊，非接触計測）

を使った場合こういう特殊なカメラを使えば判断することができます。小麦では保水分や生育状態を地図化することができるセンサーは既に開発されています。こういうものを搭載することで人間が目で見ながら作業しなくても、それを補完できる情報が得られるシステム開発を目標にしています。

### 稲・麦・大豆の作業ロボット開発

基盤的な技術が出来上がれば、あとは実際にそれを使って作業するようなロボットの開発となります。私たちの所で造っているロボットは、年間の作業すべて、特に稲、麦、大豆という3つの作物に対応するために必要な作業機を網羅していなければいけないということで、田植え機、トラクタ、コンバインをベースに開発を行っています。

なおかつロボットが作業するためには、単体ではなく、その後ろに付く作業機も開発しなければなりません。例えば実際に走っているときに、本当に種をまいているのか、ロボットの場合は確認できませんので、種が出ているか出ていないかをきちんと認識できるように作業機の開発も同時に行っています。

図7は私たちが開発してきたロボットトラクタです。1992年から手作りのロボットから始めて現在はさまざまなロボットが動くようになっていきます。



図7北海道大学大学院農学研究院ロボットトラクタ



図8 ロボットトラクタプラットフォーム

GPS、IMU（慣性計測装置）という航法装置を中心にして、どういう所の作業をすればいいかを地図として与えて作業を行うことができます（図8）。

私たちが今まで使っていたシステムは走行速度1.5m/sで大体2.4cmの作業精度で走ることができます。

これを耕運、播種、中耕・除草、防除などさまざまな作業に適用し、実際にロボットが使うことができることを皆さんにお見せるデモンストレーションをあちこちで行っています。

性能的に一番必要なのは中耕・除草や防除作業です。後ろに除草するための爪があると人間が作業すると必ず後ろを見ながら作業しなければなりません。圃場の上を走りますから腰を痛めたりする原因になるのですが、ロボットの場合は人間が乗っていませんので、

