

圃場整備と営農におけるレーザ機器 及び GPS の利用動向

広田 健一・藤森 新作

水田農業の経営規模拡大と担い手への農地集積、水田の畑地利用促進、低コスト農業経営の実現等を図る必要から、近年の圃場整備事業では1ha以上の大区画化が進められている。そこで、従来のブルドーザ工法に替わり、レーザシステムと農業用機械であるプラウ、およびレベラを用いる反転均平工法が開発され、均平精度の向上や過転圧に伴う透排水性悪化の回避、さらには、低コスト化が実現した。一方、レーザシステムの利用は営農における整地均平でも多く使われてきているが、レーザ光線が錯綜することや到達範囲の拡大による精度の劣化が課題となっている。そこで、GPSの農業利用を積極的に進め、基盤整備や営農におけるレーザシステムの補完、あるいは単独利用、および位置情報の付加に伴う精密農法の実現を目指した開発を進めている。本報文ではその現況について述べる。

キーワード：農業基盤整備、圃場整備、精密農法、レーザ、GPS、レーザレベラ

1. はじめに

近年、農業分野では米の自由化、関税の引下げ、精密農業、環境保全型農業等の論議が著しくなり、農業問題に対して全国規模で多様に論議の対象となったことは、日本の歴史を振り返ってみても初めてのことである。これら問題解決の共通点は、基本的条件として生産性を高めコストダウンを図ることであり、そのためには、経営規模の拡大と近代的な営農を可能とする農地基盤整備が必要である。

コメと区画整理の歩みについて顧みると、明治中期に近代農法として取入れられた乾田馬耕農法のための「耕地整理法に基づく10aの水田区画整理」を第1次区画整理、さらに昭和36年の「農業基本法に対応する30a耕区を中心とする圃場整備」を第2次区画整理、そして現在の50a、1ha、2ha等、土地利用型で生産性の飛躍的向上を図り、コストダウンを目的とした「米生産構造の変革のための区画整理」は第3次区画整理と言える。

一連の農業機械作業体系の導入と相まって、稲作農家あるいは営農集団の経営規模拡大と合わせ、作業単位の拡大によるスケールメリットを十分に生かして行くことが生産構造の変革に最も有力な方法と言える。

作業単位規模の拡大、空中散布、直播、不耕起、水管理等の稲作において、いずれも圃場面の均平化が絶対条件である。しかし、均平化は代かき作業で簡単に行えるように思われているが現実には、水中での土の移動は難しく、ましてや現在のような大区画ではベテ

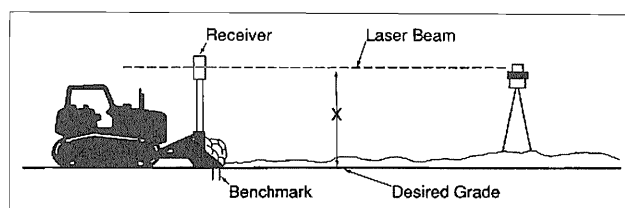
ランと言われるオペレータにおいても基準内に仕上げることは容易ではない。そこで、年間に数日しか機械操作をしない農家や高齢者、女性による営農作業において、肉体的、精神的疲労の軽減、経験不足に対して技術的なサポートを図り、作業時間の短縮、作業の高精度化を実現する「レーザマシンコントロールシステム」を確立した。また、単一のレーザシステムから一歩前進し、GPSを活用した精密農業と農作業等の省力化、軽労化の実現を目指している。

2. 農地基盤整備と営農におけるレーザマシンコントロールシステムの応用

(1) 概要

レーザは1960年に発明された。その大きな特徴は光の波長が一つであり、直進性に特に優れていることである。レーザ発光機から発射されたレーザビームを基準としてブルドーザの排土板、あるいは農業トラクタの作業機にセットしたレシーバ（受光機）が受けてレーザビームの位置をディスプレイ（表示器）に表示し、精度の高い均平作業を実現した（図—1）。

特に1995年をスタートにウルグアイ・ラウンド農



図—1 レーザマシンコントロール

業合意によって進められた大区画圃場整備事業では、このレーザビームの信号を車輛の油圧バルブにフィードバックして、作業機の上下を全自動で行うブルドーザフルオートシステムが多用され、精度の高い作業（仕上げ精度＝±2～3 cm）を短時間で行うことが可能となった（写真—1）。

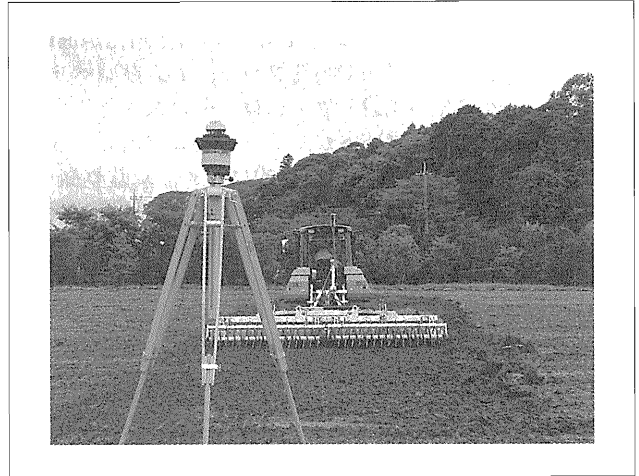
現在では均平作業のみならず、プラウ（反転耕）等により作土の深耕や天地返しを行い、肥料を有効的に使用し削減を図ることや、土に酸素を供給し活性化し

て生きた土地にしていくことを目的とした反転均平工法（写真—2）、水管理（暗渠）の新工法であるベスト・ドレーン工法（写真—3）等にもレーザフルオートシステムが活用され、高精度な作業が実現している。

また、営農においてもレーザレベラ（写真—4、写真—5）、牽引レベラ（写真—6）等の開発により非常に困難であった均平作業、一定勾配の整地作業、掘削作業が容易になり、大規模経営に大きな役割を果たしている。均平化は、稲作の省力化を図る技術として注



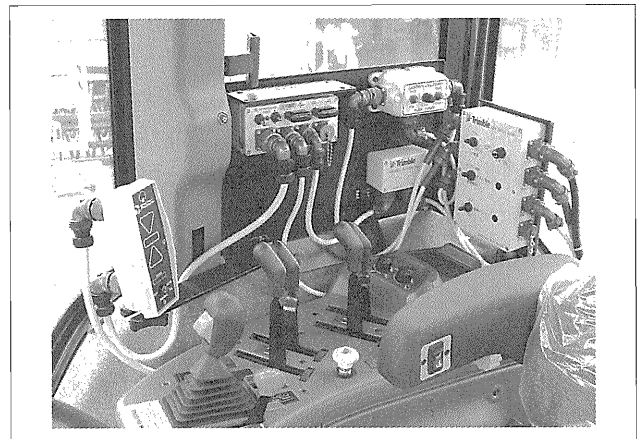
写真—1 ブルドーザフルオートシステム D3G



写真—4 レーザレベラ LL 5000



写真—2 反転均平工法用特殊車両 D6R と二段耕プラウ



写真—5 レーザレベラ CAT 45 内部レーザ制御機器



写真—3 ベスト・ドレーン暗渠工法 D3G



写真—6 牽引レベラ LT 320 S

目されている直播栽培の導入にも多大な効果を果たしている。

(2) 圃場整備における反転均平工法

わが国の食料自給率を向上させるために、水田は稲作以外に麦、大豆、飼料作物等が低コストでかつ、安定的に栽培できる圃場条件とする必要がある。この実現には、可能な限り圃場を大区画化し、機械作業効率を向上させるとともに、田面均平度の向上と作土厚の均一化によって、発芽・苗立ちの安定、生育むらの解消、用排水の迅速化、水稻栽培における水管理の適正化等を図ることが重要である。そこで、大区画圃場整備の整地・均平作業が低コストに行えるだけでなく、均平度や透・排水性に優れた工法を開発した。

本工法は、レーザプラウを用いて心土を一定の高さで田面に反転させ、土を乾燥させた後にレーザレベラで地盤の高い位置から低い位置に土を移動して均平を取るものである。ここで使用する標準的な機械はゴムクローラトラクタ、バンブレーカ、レーザプラウ、レーザレベラ、レーザ機器等であり、耕作道や排水路の撤去・造成にはブルドーザやバックホウを用いる。工法の特徴は以下のとおりである。

- ①圃場が乾いていることが施工条件である。
- ②作業速度が速く、土壌の練返しや過転圧が少ない。
- ③区画を統合する範囲内の水田標高差に制限がある。
- ④レーザ機器によるため、オペレータは熟練を要しない。
- ⑤表土の運土がないため、従来工法に比較して運土量が少ない。
- ⑥区画の大小に係わらず短時間に高精度（±2 cm 程度）な施工ができる。

(3) 営農におけるレーザレベラの利用

水田における麦、大豆などの栽培において最重要課題は湿害である。このために、表面排水を促進する技術として田面の傾斜化が既に提案されていたが、営農段階において一定勾配で傾斜をつけ、かつ均平度を維持する工法の開発は遅れていた。

一方、建設機械であるブルドーザの排土板をレーザで制御する技術は以前から実用化され、圃場整備事業の工事等で使用されていたが、これを営農段階で用いることは、コスト的に不可能であり、また、走行に伴う過転圧によって透水不良を招く恐れがあった。一方、アメリカやイタリアなどの諸外国の水田農業は、直播が主体であり、均平精度の向上を図るためにトラクタ牽引の大型レーザレベラが使用されていた。

1992年にスガノ農機によって開発されたレーザレベラは、80 PS以上のゴムクローラトラクタに装着するタイプであり、日本の水田区画や土壌条件に適合した大きさと構造で、排水の迅速化のための圃場面傾斜化もレーザ発光機の勾配設定操作のみで可能となった（図-2）。

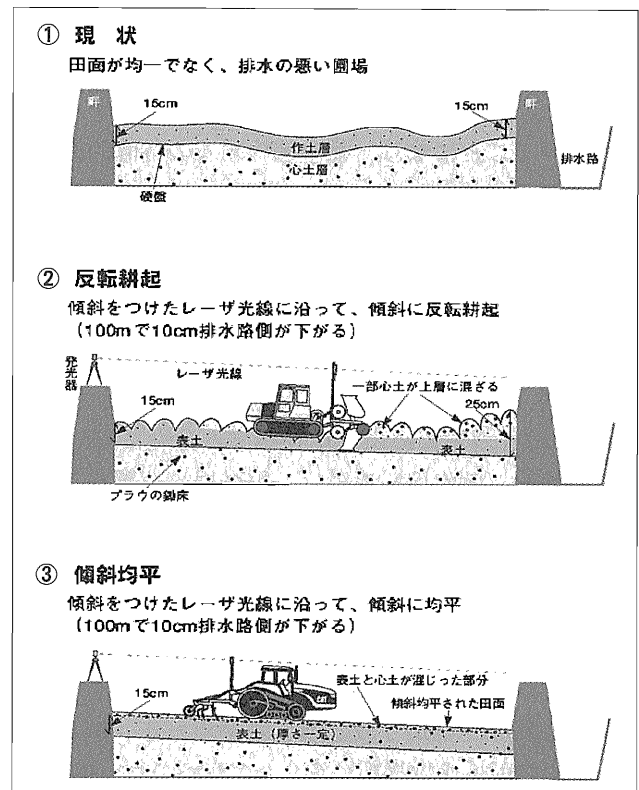


図-2 圃場面傾斜化の手順

固定した発光器からのレーザ光線に沿って1/1,000（100 mで10 cm）の傾斜をつけることで排水が容易に、また、作土層の厚さも均一に施工できる。

3. 農業分野におけるGPSの動向

日本国内における農業分野へのGPS測位技術の応用は十数年前より官民の研究機関、企業、大学等で研究、開発が進められ、当初はDGPS（Differential GPS）測位（位置計測精度＝約0.5～2 m）による圃場マップ（土壌成分、収穫量等）の作成からスタートした。

その後、RTK（Real Time Kinematic）測位（位置計測精度＝約2～5 cm）による高精度GPSの登場と高性能化により、応用分野が拡大し、各種の先進的な研究・開発が行われている。

周知のとおり、GPSは米国国防総省により軍事利用に開発された「全地球測位システム」であるが、当

初より軍事用の機能を除き民間にもその利用が開放されている。現在 24 個の GPS 衛星（6 軌道、各 4 個）が測位に利用されている。近年 GPS 衛星の近代化計画が進められており、受信性能が飛躍的に向上すると考えられる。

日本においても関連省庁及び民間が協力して計画を進めている「準天頂衛星」の打上げが 2008 年から予定されており、2011 年より本格運用が期待される。「準天頂衛星」は合計 3 個の予定で、日本全域で天頂より 30° 以内の角度に常に 1 個の衛星が位置する軌道を周回することになり、都市部のビルの谷間、山間部等条件の悪い場所においても従来の GPS 衛星を補充し、より確実性のある測位が期待される。

以上のように GPS 測位の開発、近代化が進められており、今後 5~6 年以内には大幅な GPS 測位の確実性向上、高精度化により、農業分野においても多くの可能性をもたらすものと期待される。しかし、RTK 測位を得るためには単独測位とは別に 10 km 以内に基地局（固定局）を設け、移動局の位置を高精度に補正する必要があり、価格的に非常に高価になることが問題として上げられている。

一方、秋田県の八郎潟のような大規模集約圃場では基地局 1 台を多くの農家が利用できる利点もある。その他にも国土院が管理、運営している電子基準点を利用し民間企業が「仮想電子基準点方式」による補正データの配信を携帯電話を介して有料で行っており、これを利用することで基地局を物理的に設置する必要がなく、補正データの配信サービスを契約料と携帯電話の使用料の負担で可能になる。この方法は農作業に使用する時期のみの契約が可能であり、農業においては非常に有効な方式である。

4. 農業における GPS を利用した運転支援技術

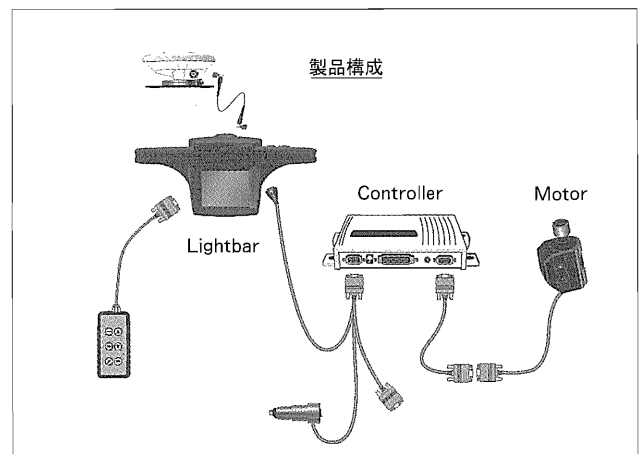
北米及びオーストラリアなどの大規模圃場では 1 km を超えるサイズの圃場が珍しくなく、天候に左右されず、適期に効率よく高速で作業を進めることが重要な条件である。特に畝たて、播種、施肥、除草、薬剤散布、刈取り作業等に GPS ガイダンスシステムが一般的に使用されており、十分な効果を上げている。

以前のガイダンスシステムは最初に圃場内の一方の枕地にスタートする A 点と他方の枕地に B 点を決め記憶させると A 点と B 点を結ぶ直線（A-B ライン）に平行にあらかじめ入力した作業幅に合わせ、次々に直線をシステム内で作成し、走行する直線と現在の車輛の位置のずれをランプと液晶画面上に cm 単位で表

示し、オペレータはその表示に従って直線上を運転するものであった。オペレータは従来のマーカ作業より開放され画期的なものであった。その後、オペレータが表示を見て操舵に集中する疲労を軽減すること、表示を見てから操舵する遅れによる直線精度の劣化を改善するために、自動操舵支援システムが要望され、米国トリプル社の「オートパイロット」が開発された。

オートパイロットは直線のみならず、旋回半径が大きい曲線にも対応し、更に車輛のロール、ピッチ、ヨーを計測し補正を自動的に行うため、不陸の大きな圃場、あるいは傾斜地を斜めに走行するような場合でも位置精度が保たれる画期的なシステムである。オートパイロットの RTK 測位システムの走行精度は約 2~3 cm である。

その後、低価格で複数の車輛に簡単に乗換えられる「EZ-Guide Plus」「EZ-Steer」（図—3）がオートパイロットの経験を基に開発され、現在に至っている。



図—3 EZ-Steer の製品構成

EZ-Guide Plus は表示及び操作部で DGPS 受信機を内蔵しており、単独測位でもトリプル社が開発した「オントラック・テクノロジー」と呼ばれる直線維持機能により通常の使用条件で ± 15 cm 程度の直線精度が得られる。EZ-Steer は EZ-Guide Plus から出力される信号により、車輛の丸ハンドルを直接小型モータにより操舵する装置（写真—7）で、オペレータの疲労を軽減すると共に、オペレータの反応遅れによる直線精度の劣化を大幅に改善することができる。ロール、ピッチ補正がオプションで追加され、不整地、傾斜地での走行でも精度が一段と向上した。

EZ-Guide Plus に内蔵された DGPS は日本の MSAS にも既に対応しており運輸多目的衛星用衛星航法補強システム（MTSAT（Multi-functional



写真-7 EZ-Guide Plus と EZ-Steer

Transport Satellite) Satellite-based Augmentation System ; MSAS) が本格運用になれば, 走行精度が更に改善される予定である。上記システムは有人運転時の運転支援システムである。

日本におけるガイダンスシステムは北海道の十勝地域で 2004 年より米国製システムの導入が開始され, 注目されている。

5. おわりに

レーザによるミリメートル単位の精度 (レベル精度)

と GPS によるセンチメートル単位の制度 (位置測位) のシステム近代化, GPS 測位のインフラストラクチャ改善, 農業用高性能・低価格の商品の登場により日本の農業も近い将来, 大規模化, 高効率化, 近代化が急速に促進され, 日本の食糧問題解決と共に発展することを願っている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 岸 恵純: GPS の動向とトラクターの運転支援技術, 農業機械学会第 10 回テクノフェスタ講演要旨, pp.92-96 (2005 年 12 月)

【筆者紹介】



広田 健一 (ひろた けんいち)
株式会社ニコン・トリンプル
特販営業部
AC システムグループ長



藤森 新作 (ふじもり しんさく)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究所農村総合研究部
水田汎用化システム研究チーム長

建設機械図鑑

本書は, 日本建設機械要覧のダイジェスト版として, 写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々, 建設施工法を学ばれる方々, そして建設事業に関心のある一般の方々のための参考書です。

A 4 判 102 頁 オールカラー 本体価格 2,500 円 送料 600 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289