

調査から作業まで 1 人で可能な田面均平化技術

Labor-saving Land Leveling Technique in Large Sized Paddy Field.

倉岡 孝幸・村川 雅己・兼子 健男

Takayuki Kuraoka, Masami Murakawa and Takeo Kaneko

要 約

基盤整備後の水田においては地表面に凹凸が発生しやすく営農上支障が出やすい。そこで田面の均平度を 1 人で計測できる測定器と、掘削盛土する位置およびその土量とをパソコン画面上に表示してオペレータに指示する運土ナビゲーションシステムを組合せ、さらに均平化作業機械として少量の土量でも掘削盛土が可能なトラクタダンプを使用することで、均平度調査から均平化作業までを 1 人で行うことが可能となった。この均平化作業システムを毎年局所的に不陸が発生している圃場を使用することにより、3 年間で均平精度が向上し、湛水深が均一となり、圃場内に生じる水稻の生育ムラを解消する効果が認められた。

キーワード: 大区画水田、均平度測定器、運土ナビゲーションシステム、トラクタダンプ、GPS

I. 諸言

基盤整備後の水田においては、盛土部の不等沈下や局所的な不陸の発生などにより地表面に凹凸がみられることがある。このような圃場ではきめ細かい水管理が困難となり、水稻の生育ムラの発生や雑草繁茂など栽培管理上の問題を生じている。とりわけ、この問題は大区画水田において切実で、水稻直播技術や不耕起栽培等低コスト稲作技術の導入が困難になるなど予想される。このため営農段階で効率的に大区画水田を均平化できる技術の開発が急がれている。

熊本県においても水田の大区画化が干拓地を中心に進められているが、同一圃場内においても画一的な水管理ができないほど局所的に不陸が発生する場面も見受けられる。圃場全面の整地、均平化を行う機械としてレーザーレベラが一般的に利用されているが、これは多量の土を扱うには効率的であるが、局所的にしても少量の土を移動させるには適していない。

そこで、田面の均平度を 1 人で計測できる測定器と掘削、盛土する位置およびその土量をパソコン画面上に表示してオペレータに指示する運土ナビゲーションシステムを組合せ、さらに均平化作業機械として少量の土量でも掘削、盛土が可能なトラクタダンプを使用して均平度調査から均平化作業までを 1 人で行うことが可能な均平化作業システムを確立した。

本システムを毎年局所的に不陸が発生している熊本市河内町白浜地区の大区画水田圃場を使用して均平度改善効果を実証した。3 年間均平化作業を行った結果、均平精度が向上し、湛水深が均一となり、圃場内に生じる水稻の生育ムラを解消する効果が認められたので報告する。

II. 大区画水田での不陸発生の実態

1. 熊本市河内町白浜地区大区画水田の概要

不陸の発生している白浜地区は熊本市の中心から北西約 13 km に位置し、有明海に面する干拓地である(第 1 図)。明治初期に干拓が開始されたが、遊水池を水田として整備しても沈下等により再び遊水池となるほど軟弱な地帯も存在した。そこで昭和 63 年度に県営ほ場整備事業として着手、平成 6 年度に 62ha の水田地帯として事業完了した。本地区の土壌は全域が細粒強グライ土に分類されるほど排水性が悪い。

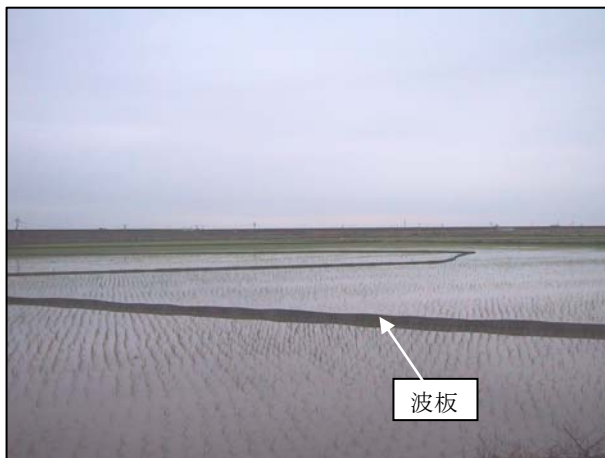
2. 不陸の実態

平成 11 年度に波板で仕切って水管理をしなければ営農上不都合であるほど不陸が発生している圃場(面積 1.6ha、長辺 160m×短辺 100m)が存在した。この時の 10m メッシュによる均平度調査結果は、最大値 50 mm、最小値-120 mm、高低差 170 mm、標準偏差 21.0 mmであった。この標準偏差からも移植栽培ができないレベルであることを示している¹⁾。そこで均平度の改善にレーザーレベラを使用して均平化作業を行

った結果、最大値80mm、最小値-9mm、高低差89mm、標準偏差12.5mmに大きく改善され、圃場全体での営農が可能となった。しかしながら、その後も一部潮遊池側で沈下が続いており、局所的に不陸が発生している現状である。現在でも他の圃場では波板で仕切って別々の水管理をしている圃場がある(第2図)。このため営農段階で効率的に大区画水田を均平化できる技術の開発が急がれている。



第1図 白浜地区概要



第2図 現在の不陸発生圃場

III. 均平度測定器の開発

1. 均平度測定器の構成

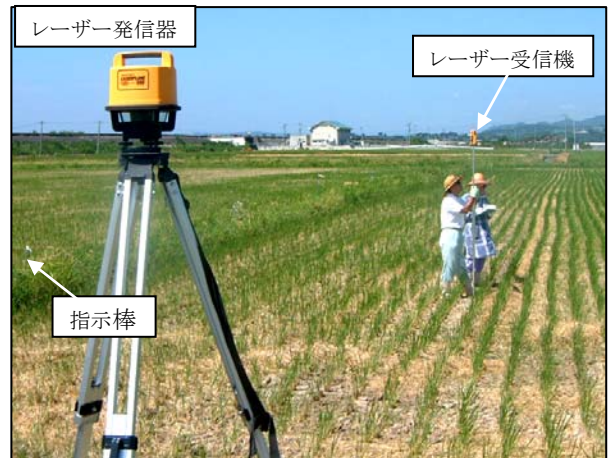
均平化作業を行う前に、圃場の均平状態を判断できる不陸図を均平度調査により作成する必要がある。この不陸図は全点測量後に平均値を算出し、平均値から各交点の測定値を引いた均平度を求めて作成する。

従来の均平度調査では、第3図のとおり圃場の周囲に縦横10m毎に指示棒を立て、測量員および記録員が設置された指示棒を縦横に見通しながら交点に行きレベル測量を行

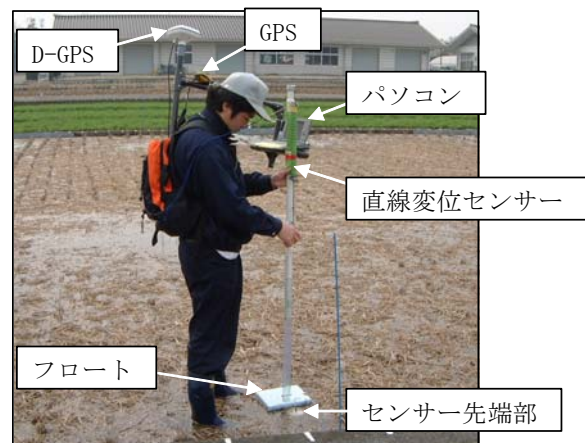
う方法が一般的である。しかし、この方法では測定時に最低2名が必要となり、さらに前準備として指示棒設置が必要となる。

そこで、指示棒設置が不要な計測法として、第4図に示すようなGPSセンサーおよび直線変位センサーを用いて田面の高低差を計測し、パソコンに値を直接記録できる均平度測定器を開発した。第1表に測定器の構成内容を示す。これを用いて圃場外周測量を行い、結果を基に均平度測定位置を算出してパソコン画面上に表示する。第5図に示したとおりパソコン画面を見ながら測定位置(ターゲット)に行き測量を行うことで均平度測定が1人で可能となった。

また、この測定器を用いて田面の高低差を計測する方法は二通りある。一つはレーザー発信器を用いる方法で、レーザーにより水平基準面を作り、これにレーザー受信部を合わせた後、直線変位センサー先端部を地表面まで下ろすことで水平基準面からセンサー先端部までの距離を求めるものである。もう一つは圃場を水位調節器等²⁾で一定湛水状態にして水平基準面を作り、これにフロートを合わせて測定する方法である。



第3図 従来のレベル測量

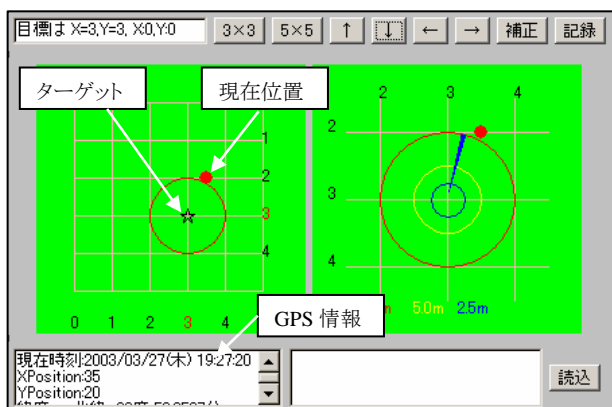


第4図 均平度測定器(湛水状態)

第1表 均平度測定器の構成内容

位置情報収集	GPS(G 社製 e-trex)、D-GPS(G 社製 GBR21)、専用アンテナ(C 社製 MBL-3)、GPS 情報および湛水深情報出力ソフト(M 社製 Visual Basic により作成)、直線変位センサー(M 社製 LP-300F)、レーザー発信器(S 社製 LASERPLANE500)
指示表示	ノート型パソコン(RS-232C、USB 装備)

*GPS の精度は D-GPS 時で水平誤差 1.5m 程度である。



第5図 測定位置指示表示画面

2. 均平度測定器の性能

従来使用されているレーザーレベラ測量器による測定結果と開発した均平度測定器による測定結果は第2表のとおりである。作業性について結果を比較すると、均平度測定器を利用した場合には指示棒設置等の準備が不要となり、測量の能率も 10min/ha 程度の差で大差なく、測定後のデータ処理がほとんど不要となった。また、作業精度調査を長辺 100m、短辺 20m(全計測点数 33 点)の圃場において行った結果、レーザーレベラ測量器を使用して求めた均平度の標準偏差 9.8 mm、最大値 23 mm、最小値-23 mmに対し、均平度測定器(水平基準面にレーザー発信器を使用時)で求めた標準偏差は 9.4 mm、最大値 19 mm、最小値-21 mm、また、均平度測定器(水平面に一定水面を使用時)で求めた標準偏差は 11.6mm、最大値 26mm、最小値-22mmとほぼ同様であった。このことから、ここで開発した均平度測定器はレーザーレベラ測量器とほぼ同じ精度の均平度測定能力を有することが認められた。

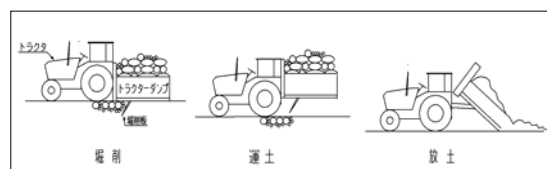
第2表 各測量方法における作業内容および所要時間

作業内容\ 使用機器	レーザーレベラ 測量器	均平度測定器
指示棒設置	30min/44 本/ha、 2 人程度	不要
圃場外周の経緯度測量	不要	5min/箇所
測量時間	50min/121 点/ha	60min/121 点/ha
測量人員	測量員と記録員	測量員のみ
データ処理	必要	ほとんど不要
測定範囲	標尺伸縮高内	±24 cm

IV. トラクタダンプを利用した均平化作業体系の構築

1. トラクタダンプの概要

均平化作業機械としてレーザーレベラが一般的に利用されているが、これは多量の土を扱うには効率的であるが、局所的に不陸が発生する圃場での少量の土を対象とした均平化作業には適していない。このため均平化作業機械に少量の土量でも掘削、盛土が可能なトラクタダンプを使用した。これは第6図に示したとおり底部に取り付けてある溝型掘削板で土を掻き取って荷台に載せて運搬し放土する機械であり、少量の土量でも掘削、運土できることや1回あたりの運土量を容易に把握できること、また1台当たりの価格は 13 万円と安価であることが特徴である(第3表)。



第6図 トラクタダンプ作業概要

第3表 トラクタダンプ諸元

メーカー名	(株)熊谷農機
商品名・型番	トラクタダンプ・NA-1600
価格	130,000 円
仕様	全長/1,000 mm×全幅/1,600 mm×全高/800 mm、容積/0.37~0.53m ³ 、重量 95kg、適用トラクタ/14.7~29.4kW、3 点リンク
掘削断面	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $B = 0.231m$ $H = 0.123m$ </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>掘削断面積 は 0.014 m²</p> </div> </div>

* 掘削断面は調査により確認、その他はカタログによる。

2. トラクタダンプの作業能力

トラクタ(出力 33kW)にトラクタダンプを装着して作業能力調査を行った。まず第7図に示すとおり掘削状況調査から掘削幅0.231m、掘削深0.123m、掘削断面積0.014 m²であることを確認した。その後、1回(20m 走行時)当たり0.28m³の土を掘削運土可能であることが認められた。このことから1時間当たりの扱い土量(条件:1回当たりの掘削運搬土量 0.28m³、運土距離40m)は約3.9m³(掘削運土14回)で、1日(8時間)当たりの扱い土量は31.2 m³と試算された。



第7図 掘削状況調査

V. 運土ナビゲーションシステムによる均平化作業のシステム化

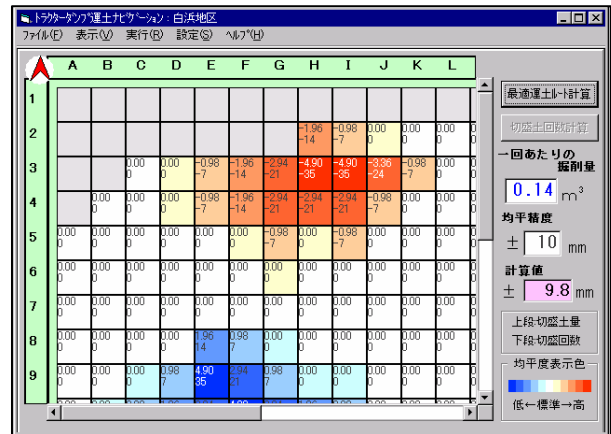
1. 運土ナビゲーションシステムの概要

田面の掘削運土を少人数でしかも効率よく行うために、オペレータ自身が掘削盛土箇所を確認しながら作業することができる運土ナビゲーションシステムを開発した。これは、GPS センサーとノートパソコンで構成され、トラクタ運転席前面にパソコンを設置し、その画面上に均平度測定に基づいて算定した田面の凹凸図を参照して、掘削、盛土する位置とその土量とを表示するものである(第4表)。トラクタ運転席前面のパソコン画面には 100m²メッシュエリア内の掘削盛土量と掘削運土回数を表示した掘削盛土回数表示画面(第8図)と、作業量(土量×距離)が最小となる運土ルートに基づく掘削盛土先、移動距離および自車位置を表示する運土ナビゲーション画面(第9図)が表示される。よって、オペレータがこの画面の指示どおりに作業を行うことにより効率的な圃場均平化が可能となる。さらに、このナビゲーションシステムは作業進捗状況の確認、運土操作のシミュレーション機能も有する。

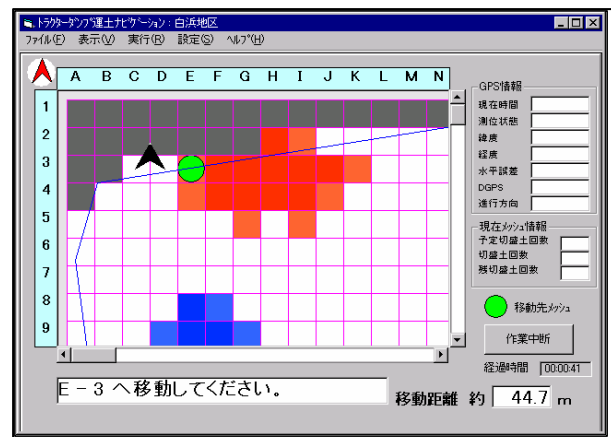
第4表 運土ナビゲーションシステムの構成内容

位置情報	GPS (G 社製 e-trex)、D-GPS (G 社製)
収集	GBR21)、専用アンテナ(C 社製 MBL-3)
ルート計算	ノート型パソコン(RS-232C 装備)、運土ナビ
及び指示	ゲーションソフト(M 社製 VisualBasic6.0 に表示より作成)

*GPS の精度は D-GPS 時で水平誤差 1.5m 程度である。



第8図 掘削盛土回数表示画面



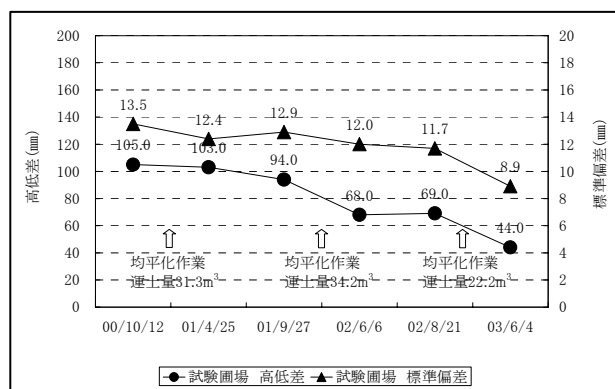
第9図 運土ナビゲーション画面

2. 運土ナビゲーションシステムを利用した均平化作業結果

実際の大区画水田において、オペレータは運土ナビゲーションシステムの指示事項に従い直接トラクタダンプで無耕起状態の水田において条間(30 cm)部分を掘削して作業を行った(第10図)。その結果、均平化作業における作業能率は3.7~7.5hr/haと見積もられた(第5表)。これは圃場全体を整地、均平化するレーザーレベラ³⁾の9.8hr/ha³⁾と比較して作業能率が38~77%と高いことを意味している。



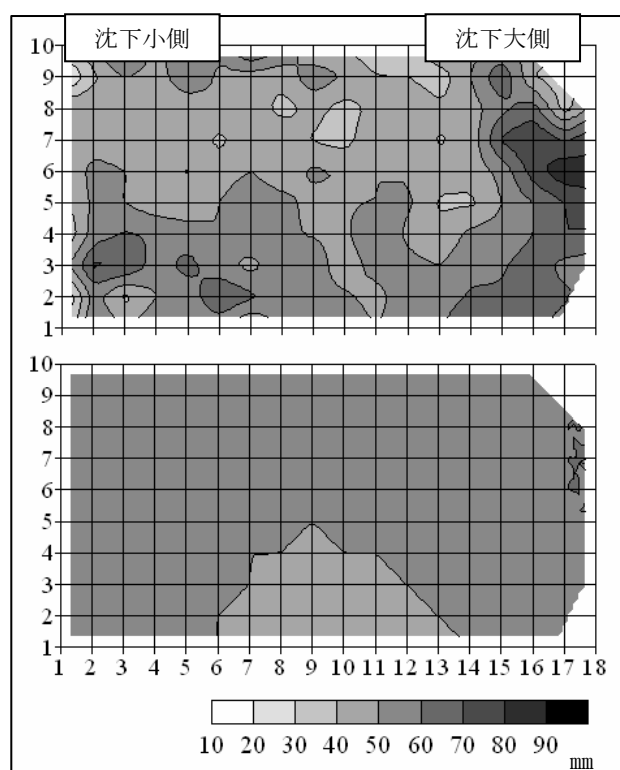
第10図 条間部掘削状況



第11図 均平化作業と均平度の推移

VI. 均平化作業システムの現場における適用性

地表面に凹凸が毎年発生することが確認され、同一水田内で不陸が生じている大区画水田圃場(熊本県熊本市河内町白浜、土壌条件:細粒強グライ土)において均平化作業を行い、均平度改善効果を調査した。その結果、3年間作業を続けることで高低差(水田内の地表面の最大と最小の標高差)を105mmから44mmに、標準偏差(平均田面と水田内の各地点の標高との差の標準偏差)を13.5mmから8.9mmに減少することができた(第11図)。また、湛水深は初年目は10~90mmと広い範囲(80mm)にあったが、3年後には40~60mmと狭い範囲(20mm)となり、同一水田内の湛水深の変動を低く抑える効果を確認することができた(第12図)。また、同一水田内の沈下の大きい箇所と小さい箇所で認められた水稻収量差約100kg/10aは、均平化により0kg/10aと差が全くないほど減少するなど水稻生育に対しても好影響を及ぼすことが確認された。



第12図 湛水深分布状況(上図:初年度、下図:3年後)

第5表 均平化作業内容および所要時間

作業年	2001			2002			2003			
	作業項目	時間	作業能率	作業量	時間	作業能率	作業量	時間	作業能率	作業量
掘削、運土、放土作業	トラクタ+トラクタ ダンプ	10.5	6.6	3.3	5.1	3.2	4.4	9.0	5.6	5.1
敷均作業	トラクタ+ロータ リ+グレーダ	1.3	0.8	-	0.8	0.5	-	3.0	1.9	-
合計		11.8	7.4	3.3	5.9	3.7	4.4	12.0	7.5	5.1

注1) 運土量m³は、2001:34.2、2002:22.2、2003:46.1である。

注2) 単位は、時間hr、作業能率hr/ha、作業量m³/hrで表示した。

注3) 使用トラクタは、Y農機US45D(全長3,125mm×全幅1,705mm×全高2,355mm、重量1,950kg、出力33kw)である。

VII. おわりに

局所的に不陸が生じている大区画水田圃場において、少量の土量を扱うトラクタダンプを使用して、更に掘削運土作業内容をオペレータに指示する運土ナビゲーションシステムにより1人で行うことが可能な均平化作業システムを開発した。このシステムの適用により、従来のカンに頼っていた均平化作業から圃場の均平度に関する情報に基づいた正確な均平化作業を実現できることが明らかとなった。今後の課題として、大区画水田で発生しやすい不陸の発生原因の解明に加えて、均平化を要する水田圃場の特定ならびにここで開発した均平化作業システムを実際に運用する体制作り等が技術普及にとって重要であると考えられる。なお、本研究は農林水

産省委託事業「大区画水田における均平と水管理」の一部として実施したものである。

VIII. 参考文献

- 1) 先進的水田基盤営農対策実証調査検討委員会、大区画水田における先進的稲作技術導入の手引き P47、1998
- 2) 兼子健男、村川雅己：開水路水位調節器の機能調査と開発、九州農業研究 62:P.150、2001
- 3) 村川雅己、兼子健男：大区画水田の均平と水管理、九州農業研究 63:P.141、2002

Labor-saving Land Leveling Technique in Large Sized Paddy Field.

Takayuki Kuraoka, Masami Murakawa and Takeo Kaneko

Summary

After farm land consolidation, the ground surface in the paddy becomes uneven sometimes, and it causes obstruction on farming. Thereupon, we have developed the measuring device that is able to measure the land leveling degree of the paddy face by one person and the Carrying Soil Navigation System that displays the position and quantity of the soil dugged down and piled up on the personal computer screen to the operator. Furthermore, according to use the tractor-dump as digging and piling machine to a little soil, the land leveling work system has been established from land leveling degree survey to land leveling work with only one person.

As the result of adapting this system for 3 years to the paddy where configuration produced locally, the land leveling accuracy and the inundation depth improved and the difference of growth on the paddy was dissolved.