

委託試験成績（令和5年度）

担当機関名 部・室名	秋田県農業試験場 企画経営室
実施期間	令和5年度～令和6年度、新規
大課題名	IV 情報処理等先端技術の活用による高生産システムの確立
課題名	RTKGNSS 直進アシストトラクタを活用したほ場高低差マップの作成
目的	<p>水田ほ場の均平の悪化は、水稻の生育不良や転換利用時の排水不良の原因となるため、大区画水田ほ場均平化の重要性は高まっている。水田の均平化は、代かきやレーザレベラにより行われるが、特に大区画ほ場では事前に高低差マップを作成し、オペレータが均平状況を把握することで、作業能率が向上する。ほ場均平の測定にはレーザ測量が行われてきたが、近年、RTKGNSS 測量で得られる高度データを基に、ほ場高低差マップを作成するマクロが農研機構（「均平作業用高低差マップ.xlsm」）から提供されており、農作業をしながら RTKGNSS による高度データを取得できれば、活用場面が広がる。他方、高精度な測位を可能とする RTKGNSS を活用した自動走行トラクタ等が発売され、作業の省力化や精密化が可能になってきているが、RTKGNSS 測位データを走行以外に活用した事例は少ない。</p> <p>そこで、RTKGNSS 方式の直進アシストトラクタを用いて、作業をしながら得られる RTKGNSS 高度データを用いてほ場高低差マップを作成し、その精度と実用性について検討する。</p>
担当者名	企画経営室スマート農業班 主任研究員・進藤 勇人
<p>1. 試験場所 秋田県農試内 50a 畑ほ場（黒ボク土、事前にスタブルカルチで耕起） 1ha 水田ほ場（グライ低地土、農道ターン設置ほ場であるが、ほ場内で旋回した。）</p> <p>2. 試験方法 RTKGNSS 方式の直進アシストトラクタを用いて、ロータリで耕うんしながら得られる RTKGNSS 高度データを用いてほ場高低差マップを作成し、トラクタのみで測量したデータから得られる高低差マップと比較して、精度と実用性について検討する。</p> <p>(1) 供試機材 ア トラクタ ヤンマー社製 RTKGNSS 自動操舵システム付トラクタ YT357RJ ロータリ EC22 型（作業幅 2.2m） イ ネットワーク型 RTK 衛星補正情報取得装置（CFXBOX）</p> <p>(2) 試験区の構成 ① 作業時測量区 ロータリで耕うんしながら、自動操舵システムを使用して、長辺を 2 m ピッチ（作業幅 2m、ラップ代 20 cm に自動操舵システムを設定）で 1 行程空け作業を実施した。その際、畦畔（ほ場最外周）から作業を開始し、1 行程目で自動操舵システムの基準線（A B 線）を作成した。長辺作業終了後、外周枕地を回り耕で 2 周し、耕うん作業を終了した。 ② 慣行測量区 ロータリを装着せず、外周を 1 周した。その際、外周 1 行程目（ほ場最外周）で自動操舵システムの基準線（A B 線）を作成した。長辺を 4 m ピッチで隣接走行し、測量を終了した。</p> <p>※慣行測量実施翌日に、同一ほ場で作業時測量を実施した。作業時測量区の基準線は、慣行測量時のトラクタ踏圧部にならないように、クローラ 1 つ分ずらした。</p> <p>(3) RTKGNSS データ取得 RTKGNSS 自動操舵システムから指定のハーネスを用いて、NMEA0183 形式 GPGGA と GPRMC データを 2 Hz で、通信ソフトウェア（TeraTerm）により取得した。GPGGA は高低差マップの作成に使用し、GPRMC の移動速度から作業速度を算出した。</p>	

(4) ほ場高低差マップの作成

農研機構北海道農業研究センターが提供している「均平作業を支援する「均平作業用高低差マップ.xlsm」(エクセルのマクロ)を活用し、NMEA0183GPGGA データの緯度、経度、GNSS アンテナの海拔高さ(出力単位 1/1000m) データからマップを作成した。マクロの使用にあたって、測位座標の取得間隔は、測量車両走行方向のピッチが 3 m 程度、行程間は 5 m とされているため、二つの試験区の作業速度を考慮して、①作業時測量区は 0.5Hz、②慣行測量区は 1Hz に測位データを間引き、行程間が 4 m になる長辺行程のデータのみを使用した。なお、両区で使用した長辺行程は、同一の行程になっている。

(5) 作業日

① 作業時測量区 2023 年 4 月 20 日

② 慣行測量区 2023 年 4 月 19 日

※水田、畑ほ場とも同日に実施した。

3. 試験結果

(1) ロータリ耕、測量の作業とデータ処理

1) RTKGNSS 自動操舵機能が搭載されているトラクタに指定のハーネスを使用して、PC と接続することにより、NMEA0183GPGGA および GPRMC データを取得することが可能であった。

2) 慣行測量の作業速度は 1.50m/s (5.4km/h) で、使用したマクロで推奨されている速度の 40% 程度であった。また、作業時間は 0.5h/ha であった(表 1)。

3) 畑および水田ほ場の作業時測量の作業速度は、それぞれ 0.75m/s (2.7km/h)、0.67m/s (2.4km/h) であった。畑および水田ほ場の碎土率は、それぞれ 91.4%、74.1% で、適切な作業速度と考えられた。また、自動操舵システムの適応速度は、8.4km/h (副変速 2、実測) 以下であり、本試験でのトラクタの作業速度は、使用するマクロで推奨される速度の 20% 程度であるため、このマクロを使用するためには、取得した座標を間引く必要があると考えられた(表 1)。

4) 測量時を 2Hz で実施したため、測量時の取得座標数は 1604~16097 と多く、走行方向の座標取得ピッチが 0.34~0.75m とマクロ使用の推奨データセットの適応外であった。そのため、4 区の走行方向の座標取得ピッチが 1.5m 程度になるように取得間隔と横方向取得ピッチを調整して、データセットを作成した。これにより、マクロにより高低差マップの作成が可能であった(表 2)。

(2) 畑ほ場の高低差マップの比較

1) 畑ほ場で得られた 1 行程分(北北東側 38m 付近から南南西に作業)の測位データから算出したほ場高さをみると作業時、慣行測量区ともに、レーザ測量と類似の高低差のパターンを示していた。作業時測量は、慣行測量と比べ 30m 以降 10~20mm 程度高く推移した(図 1)。

2) 畑ほ場の高低差の状況は、南南東側とほ場中央部が高く、北北西側に向かい低くなっていることが確認できた。高いエリアは +8cm 以上高く、低いエリアは -8cm より低いことが確認できた(図 2、3)。

3) 畑ほ場の作業時測量区および慣行測量区の高低差マップを比較すると、高いエリアと低いエリアがほぼ一致しており、ほ場全体の高低差の状況を把握するには実用上問題がないと考えられた。(図 2、3)。

4) 2cm ごとの高さ階層別割合を比較すると、作業時測量区は +2cm 以上の各階層で慣行測量区より高く、-2cm~平均値(0cm)、平均値~+2cm の階層が低かった(図 4)。これは、①慣行測量時のトラクタ踏圧部を避けるために、慣行測量区より外側を作業したため、外周作業時には場内で最も低いエリアである北側で、より低いエリアを測量した可能性と、②作業時測量の高さデータが、慣行測量より 10~20mm 程度高く測量されたことの影響が考えられた(図 1、2、3)。

(3) 水田ほ場の高低差マップの比較

1) 慣行測量区の測量中に 71 秒間位置特定品質が低下したため、データを除外してマップを作成した。そのため、北側長辺畦畔のマップが一部欠落した(図 6)。

2) 水田ほ場の高低差の状況は、均平度が高く、+4cm 以上のエリアがほぼ見られないことが

確認できた。また、南西側短辺の10～30m内側の中央部が2～4cm程度低いことも確認できた。これらの状況は、作業時測量区、慣行測量区いずれのマップから読み取ることができたことから、ほ場全体の高低差の状況を把握するには実用上問題ないと考えられた(図5、6)。

3) 作業時測量区、慣行測量区の-2～+2cmの割合は、それぞれ87.4%、79.0%で作業時測量区が高かった。これは、慣行測量区のマップが欠落した北側畦畔の一部が作業時測量区のマップでは-2cm～平均値の階層になっていることから、慣行測量区がこの部分のマップが欠落したことで、平均値(±0cm)がやや高くなったためと考えられた(図5、6、7)。

4. 主要成果の具体的データ

表1 ロータリ作業およびRTKGNSS測量の作業時間

ほ場	区画	調査区	長辺行程数	作業速度		作業時間 h/ha	碎土率 %	含水比
				m/s	km/h			
畑	70×70m	作業時測量	33	0.75	2.7	2.0	91.4	0.38
		慣行測量	16	1.50	5.4	0.5		
水田	200×50m	作業時測量	25	0.67	2.4	2.2	74.1	0.52
		慣行測量	13	1.50	5.4	0.5		
(参考)高低差マップ作成時推奨			—	10～15		—	—	—

注1) 作業時測量は、ロータリ耕の作業時間である

注2) 作業速度は、自動操舵システムから取得したNMEA0183GPRMCの移動速度から算出した。

注3) 碎土率は20mm未満土塊の重量割合である。

表2 高低差マップ作成に用いた座標数とピッチ

ほ場	区画	調査区	測量時				マップ作成使用(座標間引き後)			
			取得 間隔	取得 座標数	走行方向 取得ピッチ	横方向 取得ピッチ	取得 間隔	取得 座標数	走行方向 取得ピッチ	横方向 取得ピッチ
			Hz		m	m	Hz		m	m
畑	70×70m	作業時測量	2	6968	0.38	2	0.5	872	1.50	4
		慣行測量	2	1604	0.75	4	1	760	1.50	4
水田	200×50m	作業時測量	2	16097	0.34	2	0.5	2048	1.34	4
		慣行測量	2	3528	0.75	4	1	1693	1.50	4
(参考)高低差マップ作成時推奨			1	～3000	3	5	1	～3000	3	5

注1) 走行方向ピッチは、作業速度から算出した

注2) 水田ほ場の慣行測量は、測量中に位置特定品質が低下し、RTK測位できていなかったため、一部を座標を除外した。

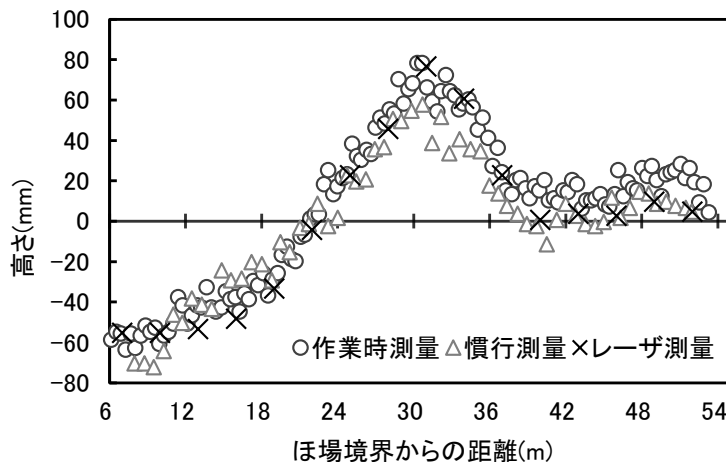


図1 畑ほ場における1行程分の高低差

注) それぞれの測量方法で得られた高さデータの平均値を0として、各距離地点の高さを算出した。2Hzで取得したデータである。

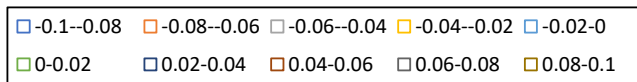
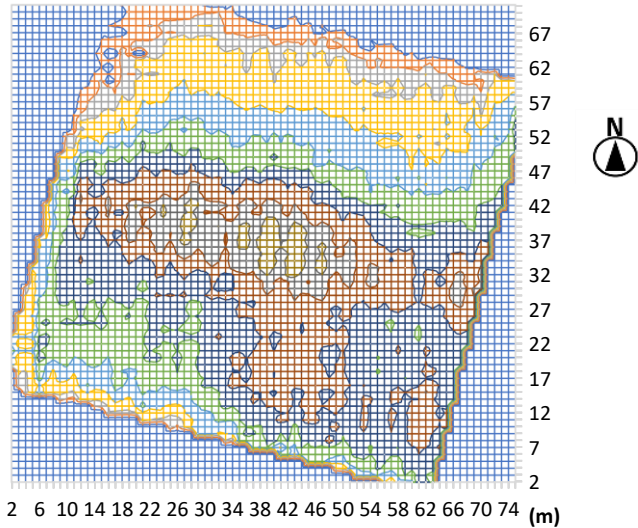


図2 畑ほ場の作業時測量による高低差マップ

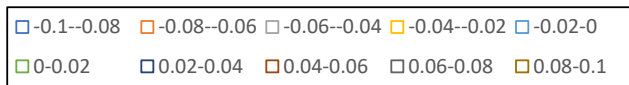
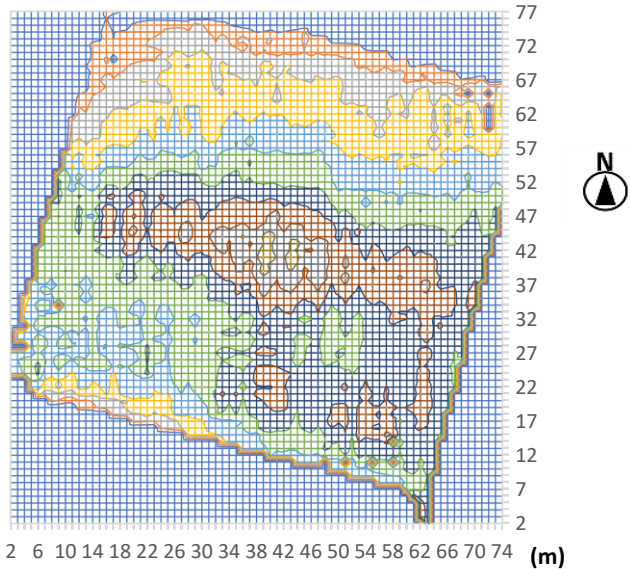


図3 畑ほ場の慣行測量による高低差マップ

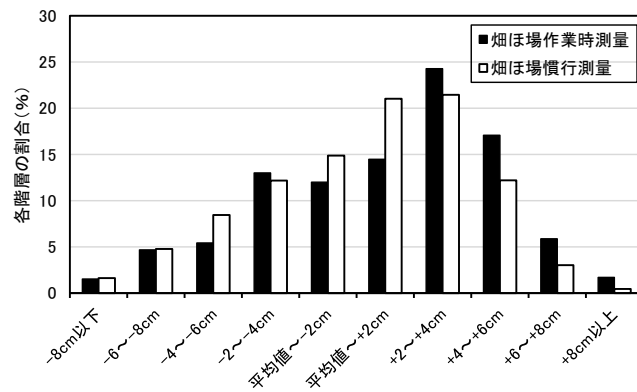


図4 畑ほ場高低差マップの高さ階層別割合

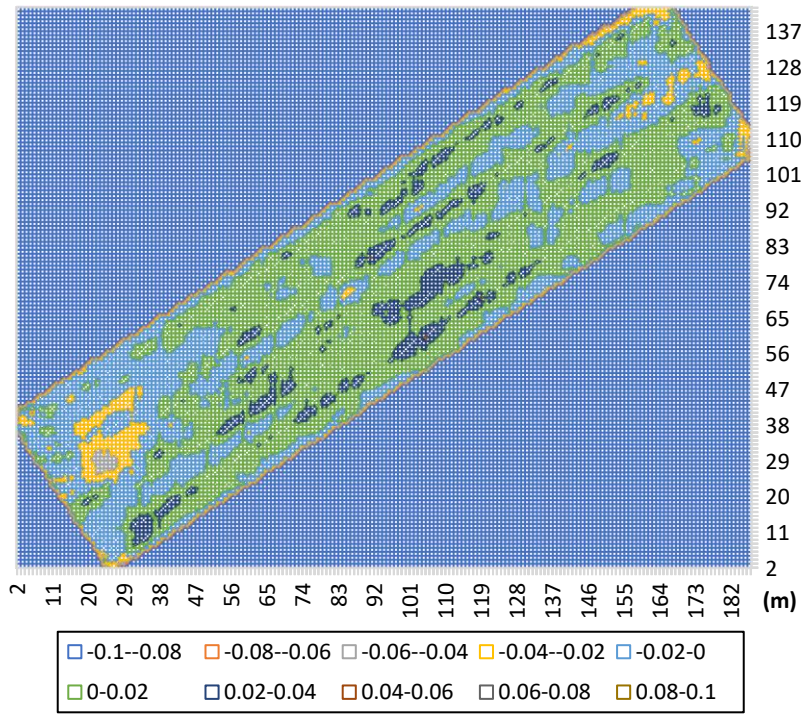


図5 水田ほ場の作業時測量による高低差マップ

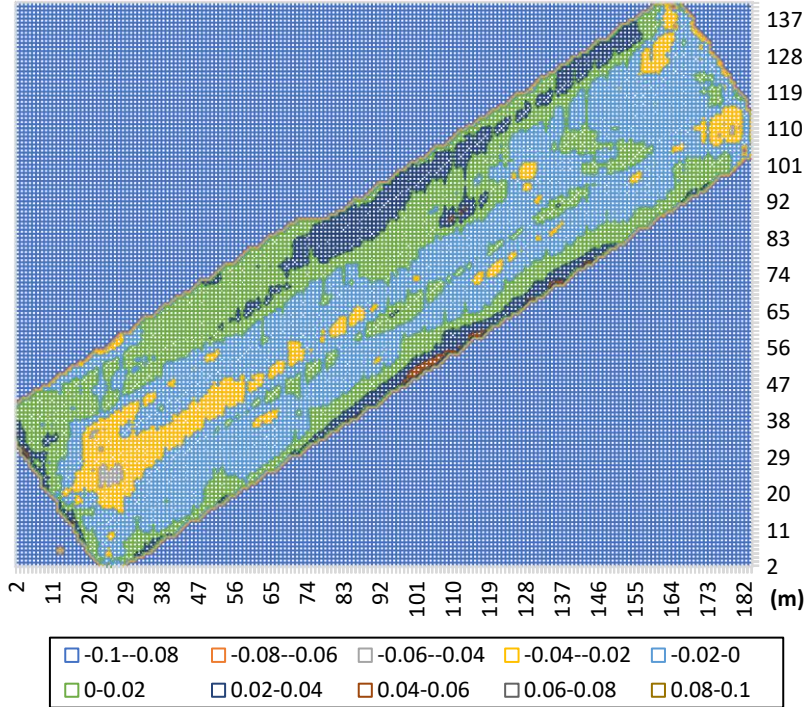


図6 水田ほ場の慣行測量による高低差マップ

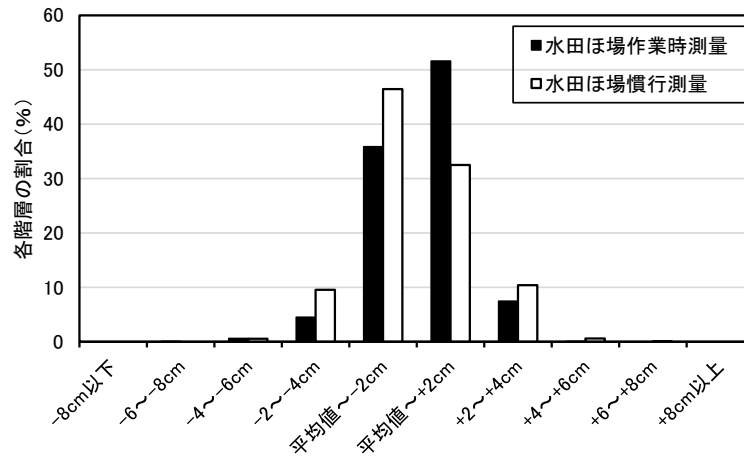


図7 水田ほ場高低差マップの高さ階層別割合

5. 経営評価

(1) NMEA0183 のデータ取得に必要な経費は 9,700 円 (ハーネス 2 本) である。別途 PC が費用であるが、本試験で利用した「均平作業を支援する「均平作業用高低差マップ.xlsm」」(エクセルのマクロ) は申請のみで無料で利用可能である。

6. 利用機械評価

- (1) データ取得のためのハーネスの接続は比較的容易であるが、データ取得のために専用のタブレットが必要で、メーカーの協力が不可欠である。
- (2) 自動操舵システムでの 1 行程空け作業時にモニタに表示される次々行程が突然モニタに表示されるので、注意がいる。ややモニタが小さい印象である。

7. 成果の普及

(1) 次年度の結果も踏まえて取りまとめ、最新スマート農業技術として講習会等で報告する。

8. 考察

- (1) ロータリで耕うんしながら取得した NMEA0183GPGGA の測位データから作成した高低差マップは、測量のみで取得したマップを大きな違いがなく、ほ場全体の高低差を把握するには十分な精度を有していると考えられた。作業時測量は、慣行測量と比べアンテナの海拔高さが 10~20mm 程度異なる場合がみられるため、今後調査ほ場数を増やして、高低差マップへの影響を検討する必要がある。
- (2) 将来的には、農機と連携した営農支援システムに自動的にデータが送信され、マップが表示されれば、代かき、均平、排水対策等の作業に有効と考えれる。

9. 問題点と次年度の計画

(1) 次年度も畑ほ場、水田ほ場で調査を継続し、本手法の安定性を確認する。

10. 参考写真



写真 トラクタによる慣行測量の状況 (YT357RJ 型)



写真 トラクタキャビンフレーム部から指定ハーネスによるデータ取得

