

委託試験成績（令和6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、継続
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、ほ場均平化の重要性は高まっている。水田の均平化は、代かきや均平作業により行われるが、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事前に把握することで、作業能率が向上する。ほ場均平の計測にはレーザ測量が行われてきたが、近年、RTKGNSS 測位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（「均平作業用高低差マップ.xls」、農研機構）が提供されており、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、RTKGNSS 測位データを基に高精度な直進作業が可能な直進アシスト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チーム 主任研究員・齋藤 雅憲
1. 試験場所・試験年次	秋田県農試内 50a 畑ほ場（黒ボク土）2筆、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。）2筆。試験は2023年と2024年に行った。
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（ロータリ無）で走行して得られる RTKGNSS 高度データから作成す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。
(1) 供試機材	<p>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）</p> <p>イ ネットワーク型 RTK 衛星補正情報取得装置 (CFXBOX)</p>
(2) 試験区の構成	<p>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。</p> <p>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>
(3) RTKGNSS データ取得	RTKGNSS 自動操舵システムから専用ハーネスを用いて、NMEA0183 形式 GPGGA と GPRMC データを 2Hz (2023 年)、1Hz (2024 年) 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。

(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.xls」」（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 とされており、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

2023 年：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

2024 年：畑 ①作業測量区 2024 年 4 月 22～23 日、②慣行測量区 2024 年 4 月 22 日

水田 ①作業時測量区 2024 年 4 月 18～19 日、②慣行測量区 2024 年 4 月 18 日

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専用ハーネスを使用して、PC と接続することにより、NMEA0183 形式の GPGGA データおよび 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 1.29～1.50m/s で、作業時間は 0.48～0.53h/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 0.55～0.75m/s、0.63～0.67m/s であった。また畑、水田の碎土率は、それぞれ 78.5～91.4%、41.2～74.1% であった（表 1）。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、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) データ取得を 1～2Hz で実施したため、測量時の取得座標数は 874～16097 と多い場合があり、走行方向の座標取得ピッチが 0.34～1.37m 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、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、図 1、2、3、4）。

(2) 畑ほ場の高低差マップの比較

1) 2024 年の畑ほ場 A3 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 1、3）。また、2023～2024 年の畑ほ場 A3 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 3）。

3) 2cm ごとの高さ階層別割合を比較すると、作業時測量区では平均値以上の階層の合計が、慣行測量区より高かった。これは、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) 2024 年の水田ほ場 H3 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、2023 年と 2024 年の作業時測量区、慣行測量区いずれのマップからも読み取れることから、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 2、4）。

2) 作業時測量区、慣行測量区の -2～+2cm の割合は、それぞれ 87.4%（2023 年、2024 年）、79.0～83.9%（2023 年、2024 年）で作業時測量区が高かった。これは、2023 年では慣行測量区のマップが欠落の影響が考えられたが、均平度が高いほ場 H3 では高低差を高精度に計測できていることが示唆された。（図 2、4）。

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	年次	調査区	長辺行程数	作業速度 m/s	作業速度 km/h	作業時間 h/ha	碎土率 %	含水比
畠A3	70m × 70m	2023	作業時測量	33	0.75	2.7	2.00	91.4	0.38
			慣行測量	16	1.50	5.4	0.50		
	2024	作業時測量	33	0.66	2.4	2.09	78.5	0.34	
		慣行測量	17	1.29	4.6	0.50			
畠B2	70m × 70m	2024	作業時測量	34	0.55	2.0	2.51	79.2	0.32
			慣行測量	17	1.37	4.9	0.48		
水田H3	200m × 50m	2023	作業時測量	25	0.67	2.4	2.20	74.1	0.52
			慣行測量	13	1.50	5.4	0.50		
	2024	作業時測量	24	0.65	2.3	2.20	67.1	0.57	
		慣行測量	13	1.36	4.9	0.53			
水田H4	200m × 50m	2024	作業時測量	24	0.63	2.3	2.27	41.2	0.62
			慣行測量	13	1.37	4.9	0.53		

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、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	年次	調査区	測量時				マップ作成使用(座標間引き後)			
			取得 間隔 Hz	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 Hz	取得 座標数	走行方向取得 ピッチ	横方向取得 ピッチ
					m	m			m	m
畠 A3	2023	作業時	2	6968	0.38	2	0.5	872	1.50	4
		慣行	2	1604	0.75	4	1	760	1.50	4
	2024	作業時	1	3879	0.66	2	0.5	887	1.32	4
		慣行	1	897	1.29	4	1	897	1.29	4
畠 B2	2024	作業時	1	4523	0.55	2	0.5	1071	1.10	4
		慣行	1	874	1.37	4	1	874	1.37	4
	水田 H3	作業時	2	16097	0.34	2	0.5	2048	1.34	4
		慣行	2	3528	0.75	4	1	1693	1.50	4
水田 H4	2024	作業時	1	8165	0.65	2	0.5	1905	1.30	4
		慣行	1	1916	1.36	4	1	1916	1.36	4
	2024	作業時	1	7914	0.63	2	0.5	1999	1.26	4
		慣行	1	1913	1.37	4	1	1913	1.37	4

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(H3、2023年)の慣行測量は、測量中に位置特定品質が低下(RTK測位ではない)したため、一部の座標を除外した。

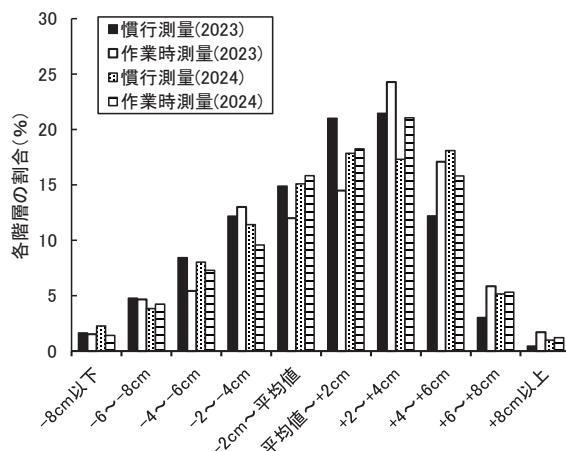


図1 畑ほ場 A3 の高低差マップの高さ階層別割合
(2023年、2024年)

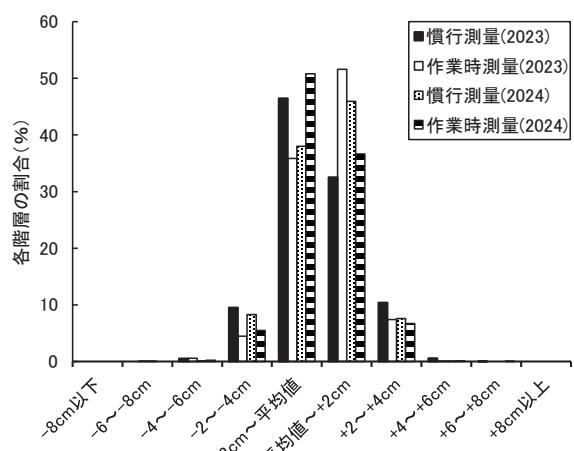


図2 水田ほ場 H3 の高低差マップの高さ階層別割合
(2023年、2024年)

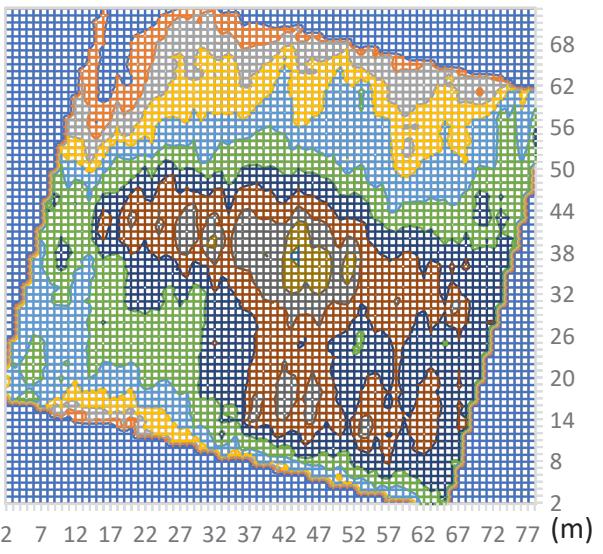
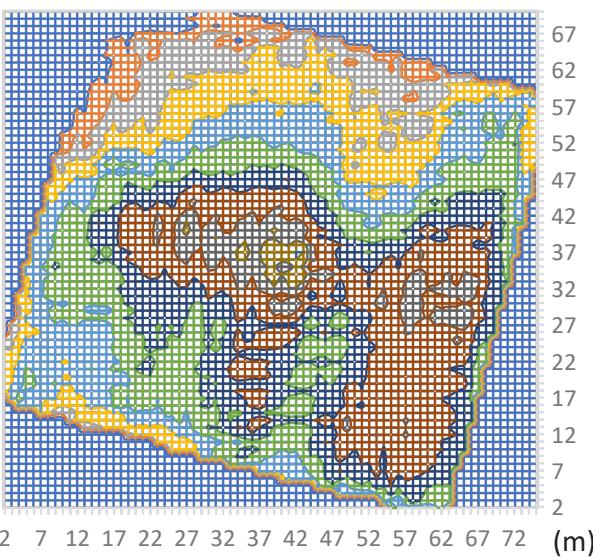
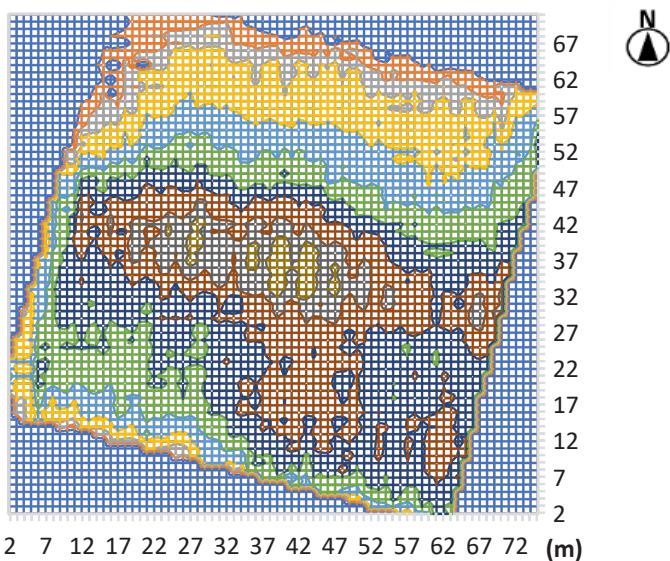
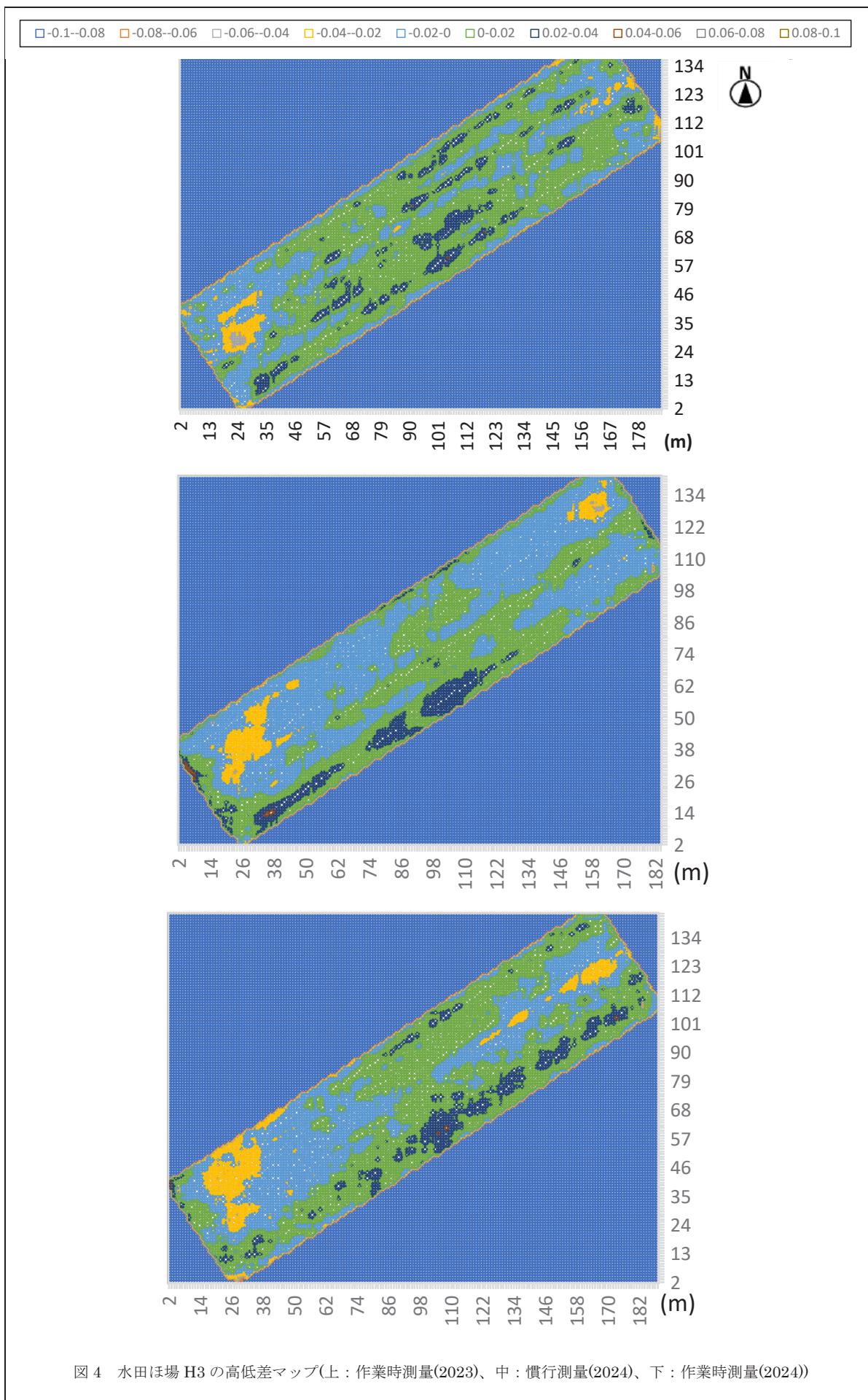


図3 煙ほ場A3の高低差マップ(上：作業時測量(2023)、中：慣行測量(2024)、下：作業時測量(2024))



5. 経営評価

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。データ記録には別途 PC やロガーが必要であるが、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.xls」」（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) NMEA 測位データ取得のために専用のタブレットでの出力設定が必要で、メーカーの協力が不可欠である。
- (2) ヤンマー純正自動操舵システムでの 1 行程空け作業時に、次々行程が突然モニタに表示されるので、注意が必要である。

7. 成果の普及

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。耕うん作業時にロータリ以外の作業機で、ほ場高低差マップを取得できるかは今後検証が必要である。
- (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、高低差マップが表示され、事前に確認できれば、代かき、均平、排水対策等の作業に有効と考えられる。

9. 問題点と次年度の計画

ロータリ以外の作業機や耕うん作業以外で、ほ場高低差マップを取得できるかは今後検証が必要である。

10. 参考写真



写真 トラクタによる作業時測量の状況
(水田ほ場、2024)



写真 トラクタによる慣行測量の状況
(畑ほ場、2024)

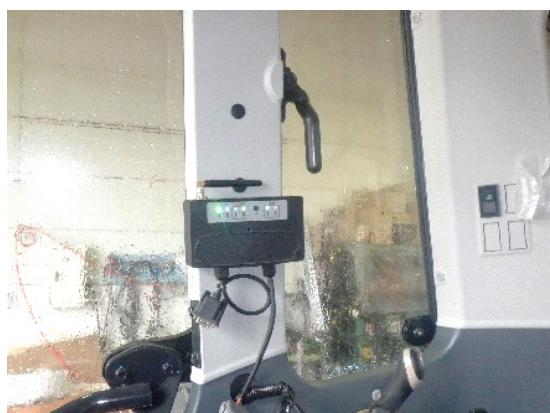


写真 ネットワーク型 RTK 衛星補正
情報取得装置 (CFXBOX)