

トラクタの自動運転による耕起作業の作業能率および作業精度

齋藤雅憲・加藤雅也*・進藤勇人**・佐山 玲

(秋田県農業試験場・*現 秋田県東京事務所・**秋田県農林水産部水田総合利用課)

Work efficiency and work accuracy of Rotary tillage by autonomous operation of tractor

Masanori SAITO, Masaya KATO*, Hayato SHINDO** and Akira SAYAMA

(Akita Agricultural Experiment Station・*Akita Prefectural Office in Tokyo・**Comprehensive Paddy Field Development Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Akita Prefectural Government)

1 はじめに

農業者の高齢化や担い手不足が進む中で、経営規模を拡大するためには、これまで以上に農作業の効率化が必要である。近年、ICT を活用して農作業を自動化できるスマート農機の市販化が始まっており¹⁾、無人で自動運転可能な農機の活用も効率化のための一つの方策である。しかし、無人作業可能な農機の作業能率や精度等について検討した事例²⁾は少ない。そこで、本研究ではトラクタの無人での自動運転による耕起作業について、作業能率および直進精度をオペレータによる作業と比較検討した(図1、図2)。

2 試験方法

(1) 試験年次・試験場所・土壌条件

試験は、2018年に、秋田県大仙市協和地区の農業法人Tの1ha水田ほ場(200m×50m)3筆(ほ場A、B、C)、グライ低地土(前作：水稻)で行った。

(2) 供試機材及び作業方法等

K社製自動運転ホイルトラクタ(SL60AH型、44.1kW)を供試し(図1)、K社製ロータリ(RM22S型、耕うん幅2.2m)により、耕起作業(往復耕、PTO回転I速設定、エンジン回転2700rpm(定格)・旋回時1600rpm、車速2.3km/h設定)を行った。作業方法は、メーカーの設定手順にしたがい、図2の通り、外周3工程の内、最内の1工程は自動運転で耕起、外側の2工程はオペレータが耕起作業を実施した(図2)。また、ほ場近傍に移動式基準局(メーカー純正)を設置してRTK測位によるGPS補正信号を送信した。

(3) 試験区の構成・作業方法

ほ場Aでは、自動運転区とオペレータ区を、最外周2工程を除いた工程に設けた。また、ほ場B、Cでは最外周2工程を含めて1筆単位でそれぞれ試験区を設置した。また、オペレータ区も自動運転と同様の工程で作業を行い、ほ場外周の3工程(3周分)を残した地点から耕起作業を開始した。なお、オペレータ区では耕起作業は同一オペレータ(30

代男性(トラクタ操作歴20年目))が実施した。

(4) 調査項目

作業速度は20m区間で調査した。また、作業時間を計測し、直進、旋回、外周、マッピング、調整等の時間割合を算出した。直進精度は、トータルステーション(Leica、TCA1105型、約1Hz計測)を使用し、キャビン上部に取り付けたプリズムで作業軌跡を計測して、工程毎の回帰直線からの変位の±5cm、±10cm、RMS(二乗平均平方根)を算出した。作業幅は、次工程との重複部分を除外した耕うん幅を計測し、作業幅率は、作業幅/耕うん幅(2.2m)×100で算出した。

3 試験結果及び考察

ほ場Aでの、自動運転区とオペレータ区の作業時間は同等で、直進作業では差が無かった(表1)。また、ほ場B、Cでの作業時間は、それぞれ2.6h/ha、2.5h/haと同等であった。ほ場Bの自動運転区ではマッピングや外周耕起時にオペレータが作業を行う必要があるため、無人での作業時間は全体の58%であった。マッピングに要する時間は、事前のマッピングや前年のデータを利用することで短縮可能と考えられた。

直進精度の指標となる自動運転区の回帰直線(各工程中の座標から算出)からの変位の±5cm未満割合と±10cm未満割合はそれぞれ、68.7～70.7%、95.4～95.6%であり、オペレータ区に比べ高かった(表2)。また、自動運転区のRMSは、ほ場A、Bでそれぞれ、4.5～6.0cm、4.5～5.6cmであり、オペレータ区に比べ小さく、安定して高い直進性があると考えられた。本試験と作業速度は異なるが、木瀬らも航法センサにRTK-GPSとFOGを用いたロボットトラクタでロータリ作業を行うとRMSが6cmで高い直進性が得られたことを報告しており、本試験の結果と一致した。

ほ場A、Bにおける自動運転区の作業幅は、それぞれ2.04～2.06mであり、また、作業幅率はそれぞれ、89.1～96.4%、89.5～97.7%であった(表3)。こ

これらの数値は、オペレータ区に比べ高く、さらにバラツキが小さいことから、安定した作業が行われていることを考えられた。

4 まとめ

自動運転による耕起作業時間は、オペレータと同等であり、そのうち無人作業時間は、58%であった。また、作業精度はオペレータと同等以上であり、RMSは0.04~0.06m、作業幅率は89.1~97.7%であった。本試験では前作が水稻であり、オペレータは刈跡の

株を目印にできる条件であったが、目印が無い作業(代かき等)においても評価を行う必要がある。

引用文献

- 1) 株式会社クボタ. 2018. アグリロボトラクタの開発. クボタ技報 51: 26 - 31.
- 2) 木瀬道夫, 野口伸, 石井一暢, 寺尾日出男. 2001. RTK-GPS と FOG を使用したほ場作業ロボット(第2報). 農業機械学誌 63(5): 80 - 85.

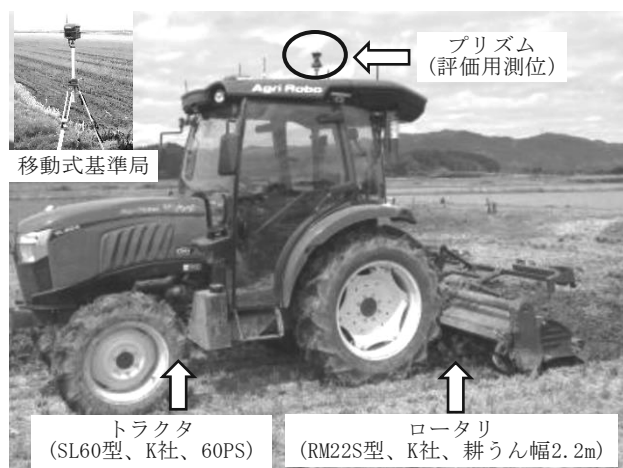
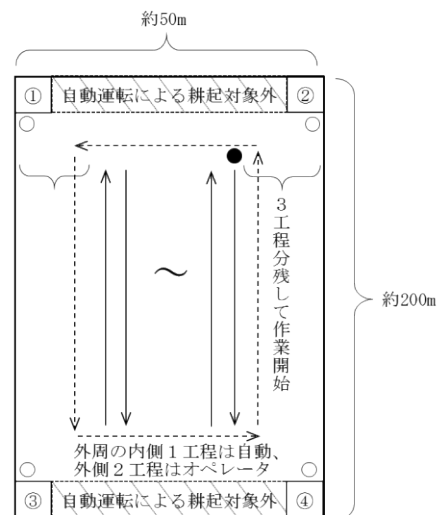


図1 自動運転(無人)による耕起作業(2018年)



- *①~④: 農機のは場への出入り口
- *○: 自動運転のためのマッピング地点
- *●: 耕起作業開始地点 (外側3工程分を残した地点)
- *矢印: 耕起作業の進行方向

図2 供試ほ場および作業工程

表1 自動運転とオペレータによる耕起作業の作業能率

ほ場	試験区名	直進工程数 (工程)	作業速度 (m/s)	作業時間			作業時間に占める割合				
				無人操舵	有人操舵	合計	直進 (%)	旋回 (%)	外周 (%)	マッピング (%)	調整等 (%)
A	自動運転	8	0.62	2.3	-	2.3	96.6	3.4	-	-	-
	オペレータ	8	0.61	-	2.4	2.4	94.7	5.3	-	-	-
B	自動運転	18	0.64	1.5	1.1	2.6	56.7	2.1	35.1	2.0	4.2
C	オペレータ	18	0.63	-	2.5	2.5	61.4	3.2	33.8	0	1.6

- 注1 工程数はほ場の外周部を除く、直進工程数を示す。
 注2 ほ場Aの作業時間は8工程分(直進と旋回)の作業時間であり、マッピングや外周部分の作業時間を含まない。また、ほ場B、Cの作業時間は、ほ場全ての耕起作業に要した時間であり、自動運転区でもオペレータによる外周部分の作業時間を含む。
 注3 調整等の時間には、リモコンとトラクタ間の電波遮断にともなう停止時間を含む。

表2 耕起作業の直進精度

ほ場	試験区名	データ数	単回帰直線からの変位		
			±5cm (%)	±10cm (%)	RMS (cm)
A	自動運転	8	70.7	95.6	4.5 ~ 6.0
	オペレータ	8	52.9	86.1	5.8 ~ 8.8
B	自動運転	11	68.7	95.4	4.5 ~ 5.6
C	オペレータ	18	64.9	91.2	3.6 ~ 8.8

- 注1 データ数は外周部を除く、直進工程数を示す。
 注2 単回帰直線は、工程中の各座標から求めた単回帰直線を示し、±5cm、±10cm、RMSは、それぞれ解析に用いた座標数に占める座標と直線距離が5cm未満、10cm未満の割合、二乗平均平方根を示す。

表3 耕起作業の作業幅と作業幅率

ほ場	試験区名	データ数	作業幅 (m)		作業幅率(%)	
			平均	最小~最大	平均	最小~最大
A	自動運転	7	2.04	1.96 ~ 2.12	92.7	89.1 ~ 96.4
	オペレータ	7	1.95	1.76 ~ 2.15	88.6	80.0 ~ 97.7
B	自動運転	11	2.06	1.97 ~ 2.15	93.6	89.5 ~ 97.7
C	オペレータ	17	2.00	1.89 ~ 2.12	90.9	85.9 ~ 96.4

- 注1 データ数はほ場の外周部を除く、直進工程数を示す。
 注2 表中の作業幅率は、作業幅/耕うん幅(2.2m)×100で算出した。