

委託試験成績（平成 25 年度）

担当機関名、代表者名	秋田県農業試験場 場長 湯川智行
実施期間	平成 24 年度～26 年度、継続
大課題名	I 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立
課題名	圃場均平作業におけるセミクローラトラクタの作業能率調査
目的	水田圃場の大区画や田畑輪換利用により、圃場均平化の重要度が増している。特に大区画圃場では均平が悪いことで、軟弱な部分での作業機の走行に影響があるだけでなく、水稲直播における苗立ち不良や転換大豆に湿害の原因となっている。圃場の均平作業ではレーザ均平機の導入が進んでいるが、牽引力を要する作業であるため、高出力のフルクローラトラクタを用いることが多い。フルクローラトラクタは高出力である一方で、旋回時の作業性等にやや問題がある。そこで、操舵性、牽引力に優れた無段変速セミクローラトラクタを用いたレーザ均平作業の作業能率等を調査し、大区画圃場均平作業への適応性や燃料消費に及ぼす影響を検討する。あわせて、ほ場均平度と湛水直播水稲の生育の関係を検討する。
担当者名	生産環境部 主任研究員 進藤勇人
<p>1. 試験場所 秋田県秋田市雄和 秋田農試内畑圃場、秋田県大仙市協和 農家水田圃場</p> <p>2. 試験方法</p> <p>・前年までの結果 農家 1ha 水田圃場での直装式レベラを用いた均平作業時間はセミクローラ、フルクローラそれぞれ 6.5、6.8h/ha であり、使用したセミクローラ（ヤンマー社 EG105 型 77kW、作業幅 4m）はフルクローラ（諸岡社 MK-140S 型 10kW、作業幅 5m）より低出力で、レベラの作業幅が小さいにもかかわらず、作業時間が短かった。後進回数が少なく、前進した距離の割合が長いことが特徴であった。前年は対照機が試験機より大型であったため、本年は同型式のエンジンを搭載したフルクローラトラクタを対照とした。さらに同一ほ場における均平前後の湛水直播水稲の生育と田面高さとの関係を検討した。</p> <p>・試験 I 直装式レーザレベラを用いたセミクローラトラクタによるほ場均平作業</p> <p>(1) 供試機械名 試験機：セミクローラトラクタ（ヤンマー社 EG105 型、HMT、77.2kW） 対照機：フルクローラトラクタ（ヤンマー社 CT1010 型、HST、74.2kW）、試験機と同型エンジン その他：直装式レーザレベラ（スガノ農機社 LL4000、作業幅 4m）、レーザプラウ（スガノ農機社 LCPQY128H 12inch、8 連）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件</p> <p>1) 秋田県秋田市雄和 秋田農試水田圃場 細粒強グライ土、圃場区画 1ha（200×50m）2 筆 2) 秋田県大仙市協和地区現地水田圃場 細粒グライ土、圃場区画 70a（140×50m）、76a（152×50m（天候不良により開始から約 2 時間で作業断念）、両ほ場とも水稲作付け後作業</p> <p>イ. 均平作業体系 レーザプラウ（耕深 12cm、Su 社 LCPQY128H 12inch、8 連）により耕起し、土壌表面が乾燥した後レーザレベラ（均平作業後の目標均平度±2.5cm）により均平作業を行った。</p> <p>ウ. 機械設定 両トラクタともエンジン回転 1800rpm で作業を行った。セミクローラトラクタは e-CONTROL を使用せず、車速設定を最高に設定して、いずれのトラクタもオペレータによる任意の速度で作業を行った。</p>	

エ. 試験区の構成及び作業日

		作業前均平調査	レーザプラウ	レーザレベラ	作業後均平調査
農試圃場	セミクローラ	4月2日	4月16日	4月24日	4月25日
	フルクローラ	4月2日	4月16日	4月23日	4月25日
農家圃場	セミクローラ	10月2日	10月4日	10月8日	11月25日
	フルクローラ	10月2日	10月4日	10月7日	11月25日

オ. 試験項目

- 1) 作業能率・作業距離・作業割合: 農作業情報記録装置 (DFL (DigiFarmLogger) 試作機、九沖農研開発、サンプリング 1Hz) を用いて、トラクタの作業情報 (移動速度、作業軌跡 (GPS データ測位精度 <3m、速度精度 0.1m/s)、作業機の上下 (傾斜センサ)、バックランプ点灯 (光センサ) を収集し、作業速度、作業の有無、前進・後進、作業距離、後進回数を算出した。
- 2) 燃料消費量: 燃料消費計 (BANZAI 社、DE-FL) をトラクタに装着し、計測した。
- 3) 作業前後のほ場均平度: 農試水田圃場、協和水田圃場はそれぞれ、40 分割 (1 メッシュ 250 m² (25×10m))、30 分割 (1 メッシュ 233 (フルクローラ)、253 (セミクローラ) m² (23.3、25.3×10m)) し、レーザ測量機 (LaserEye) を用いて、1 メッシュ 5 地点の圃場高さの調査を行った。測量した圃場高さの平均値を 0 とし、圃場高さを算出した。

・試験Ⅱ 大区画ほ場における湛水直播水稻の生育とほ場均平の関係

(1) 供試機械名

試験機: セミクローラトラクタ (ヤンマー社 EG105 型、HMT、77.2kW)

その他: 直装式レーザレベラ (スガノ農機社 LL4000、作業幅 4m)、レーザプラウ (スガノ農機社 LCPQY128H 12inch、8 連)

(2) 試験条件

ア. 圃場条件 秋田県秋田市雄和 秋田農試水田圃場 細粒強グライ土、圃場区画 1ha (200×50m)

イ. 均平作業体系

試験Ⅰと同様

ウ. 播種様式・供試品種・施肥: 潤土中条播 (K 社 6 条多目的高精度播種機 NSU67-DS6NKF 型)、落水出芽、カルパー等倍コーティング・「あきたこまち」・側条施肥 (LP70: 速効 N=1:1、2012 年 7.9gN/m²、2013 年 7.7gN/m²、両年とも無追肥)

エ. 試験区の構成及び作業日

1) 均平前区 2012 年作付け湛水直播水稻 (播種日: 5 月 9 日、播種量 (乾粒換算): 4.3g/m²、落水出芽期間: 9 日間、出穂期: 8 月 10 日、成熟期: 9 月 20 日)

2) 均平後区 2013 年作付け湛水直播水稻 (播種日: 5 月 8 日、播種量 (乾粒換算): 4.2g/m²、落水出芽期間: 8 日間、出穂期: 8 月 9 日、成熟期: 9 月 22 日)

オ. 試験項目

1) ほ場均平度調査: 1 メッシュ 250 m² (25×10m) に 40 分割し、1 メッシュ 5 地点の田面高さをレーザ測量機 (LaserEye) で均平前は 2012 年 4 月 18 日 (耕うん前)、均平後は 2013 年 4 月 25 日 (レーザ均平後) 調査し、メッシュ毎の田面高さを算出した。

2) 水稻生育及び収量: 2012 年、2013 年とも水稻の苗立ち、落水出芽後再湛水前土壌含水比、水稻生育、収量 (坪刈り) 及び収量構成要素等を調査。

3. 試験結果

・試験Ⅰ 直装式レーザレベラを用いたセミクローラトラクタによるほ場均平作業

1) 均平作業前の農試ほ場の均平度は、セミクローラ、フルクローラ均平圃場の全地点調査でそれぞれ、最大 31.2~最小-65.8mm ($\sigma=18.3$)、最大 35.0~最小-78.0mm ($\sigma=17.4$) であり、 ± 25 mm 地点割合は約 85%であった。均平作業後の σ はそれぞれ、13.2、12.6 では ± 25 mm 地点割合は約 96%であった (表 1)。

2) 現地ほ場は試験機による均平作業が降雨により途中で断念したため、セミクロ区の均平度が低く、均平作業後のセミクロ区、フルクロ区の σ はそれぞれ、17.1、10.4 では ± 25 mm 地点割

合はそれぞれ 84、99%であった（表 1）。

- 4) 農試ほ場での均平作業時間はセミクローラ、フルクローラでそれぞれ 5.5、6.9h/ha であった。実作業割合（前進作業）は同等であるが、後進回数がセミクローラで大きく減少し、後進 1 回あたりの後進距離も減少した。これは、旋回半径が小さいため、後進による旋回やその距離が減少したためと考えられた（表 2、表 3、図 1）。
- 5) 現地ほ場の均平作業時間はセミクローラによる均平作業を断念したため、単純に比較できないが、開始から約 2 時間で比較すると、セミクロ区は参考フルクロ区に比べ、実作業割合（前進作業）が高く、後進旋回割合が低かった。農試ほ場と同様に後進回数が少なく、後進 1 回あたりの後進距離も短かった（表 1、図 1）。
- 6) いずれのほ場においてもセミクロ区は後進速度に比べ、前進速度が速く、前進作業距離の割合も高いことから、効率的な均平作業が行えたと考えられた（表 2、図 2）。
- 7) 農試ほ場におけるセミクローラトラクタの燃料消費量は、面積、時間あたりでそれぞれ、34%、16%少なかった。走行距離あたりの消費量が同等であることから、走行距離を短縮できる作業計画とほ場での旋回半径が小さいセミクローラトラクタの利用が有効と考えられた（表 3）。

・試験Ⅱ 大区画ほ場における湛水直播水稻の生育とほ場均平の関係

- 1) 40 メッシュの均平前区及び均平後区の均平度はそれぞれ、最大 20.8～最小-30.2mm（ $\sigma=11.4$ ）、最大 15.5～最小-22.3mm（ $\sigma=7.7$ ）であり、均平前に低かった A 1、2、B 2 のメッシュが均平後も低かった（図 3）。
- 2) 均平後区の再湛水前の土壌含水比は均平前に比べ、平均値が小さく、バラツキが小さかった（図 4）。
- 3) 均平前区及び均平後区の苗立ち率は田面高さとも 5%水準で正の相関（均平前 $r=0.358$ 、均平後 $r=0.427$ ）が認められ、均平度が高い均平後区のバラツキが小さかった（図 5）。
- 4) 均平前区の苗立ち期草丈は田面高さとも 5%水準で負の相関（均平前 $r=-0.706$ 、均平後 $r=-0.176$ ）が認められた。落水出芽後に再湛水した水深の影響が均平前区で強かったと考えられた（図 6）。
- 5) 均平前区及び均平後区の有効茎決定期頃の茎数は田面高さとも 5%水準で正の相関（均平前 $r=0.549$ 、均平後 $r=0.330$ ）が認められた。また、それ以降は徐々に関係が低下した（データ省略）。田面の高い地点で苗立ち本数が多いことと有効茎決定期以降は中干しによるものと考えられた（図 7）。
- 6) 均平前区及び均平後区の幼穂形成期頃の葉色は田面高さとも 5%水準で負の相関（均平前 $r=-0.401$ 、均平後 $r=-0.499$ ）が認められた。均平度の高い均平後区でバラツキが小さかった（図 8）。
- 7) 均平前区、均平後区の収量及び収量構成要素はいずれも、田面高さとの相関は認められなかった（表 4）。

4. 主要成果の具体的データ

表 1 均平作業前後の田面の状況

		全地点							メッシュ							
		調査地点	最大 mm	最小 mm	中央 mm	σ	高低差 mm	地点数	調査地点	最大 mm	最小 mm	中央 mm	σ	高低差 mm		
							> 25mm	<- 25mm	-25~ 25mm							
農試 圃場	セミク 均平前	200	31.2	-65.8	4.2	18.3	48.5	8	23	169	40	22.0	-36.4	4.6	15.7	29.2
	ローラ 均平後	200	24.5	-44.5	1.0	13.2	34.5	0	7	193	40	15.5	-22.3	0.1	7.7	18.9
	フルク 均平前	200	35.0	-78.0	2.0	17.4	56.5	9	17	174	40	16.8	-32.6	2.7	12.4	24.7
	ローラ 均平後	200	23.2	-39.8	1.7	12.6	31.5	0	8	192	40	12.4	-17.8	-0.1	6.7	15.1
農家 圃場	セミク 均平前	150	33.3	-70.7	1.3	19.0	52.0	10	13	127	30	23.7	-39.9	-0.1	15.9	31.8
	ローラ 均平後	150	30.1	-37.9	0.1	17.1	34.0	9	15	126	30	23.3	-28.3	0.5	13.4	25.8
	フルク 均平前	150	48.1	-49.9	2.1	16.3	49.0	4	15	131	30	22.1	-25.9	0.9	11.7	24.0
	ローラ 均平後	150	23.2	-28.8	0.2	10.4	26.0	0	2	148	30	13.8	-13.6	-0.9	6.4	13.7

注) 調査地点田面高さの平均値を0として、算出した。

注) 農試圃場の1メッシュは250㎡(25×10m)であり、現地ほ場の1メッシュ233、253㎡(23.3、25.3×10m)

表2 均平作業前後の畑圃場均平度

	作業面積 ha	作業時間 h	作業時間内訳					作業速度			
			前進作業	前進旋回	後進	停止・調整	後進回数	平均	前進	後進	
			h	h	h	h	h	m/s	m/s	m/s	
農試圃場	セミクローラ	1	5.5	3.1	0.2	1.2	1.0	189	1.2	1.3	0.9
	フルクローラ	1	6.9	3.8	0.4	1.7	1.1	292	1.3	1.3	1.5
農家圃場	セミクローラ	0.76	2.0	1.5	0.1	0.2	0.2	60	2.0	2.1	1.3
	フルクローラ	0.70	6.4	3.3	0.3	2.0	0.6	304	1.6	1.5	1.7
	参考フルクローラ	0.70	2.0	1.2	0.1	0.6	0.2	95	1.6	1.5	1.7

注)参考フルクローラは均平作業開始から約2時間の作業のみのデータを示したものである。

表3 均平作業の作業時間と作業速度

	作業面積 ha	作業距離 km	距離内訳			燃料消費量				
			前進	後進	後進	L	L/ha	L/h	L/km	
			km	km	m/回					
農試圃場	セミクローラ	1	19.0	15.1	3.9	20.6	52.3	52.3	9.3	2.7
	フルクローラ	1	27.8	19.0	8.8	30.2	79.6	79.6	11.1	2.9
農家圃場	セミクローラ	0.76	13.6	12.7	0.9	15.5	24.8	32.6	12.1	1.8
	フルクローラ	0.70	32.9	20.5	12.4	40.9	62.1	88.6	9.8	1.9
	参考フルクローラ	0.70	10.6	7.1	3.4	36.0	-	-	-	-

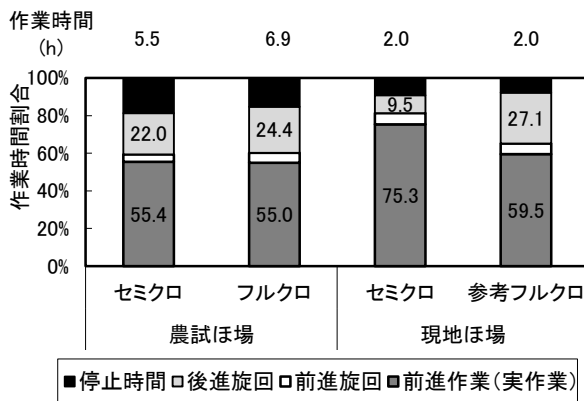


図1 レーザ均平作業の時間割合

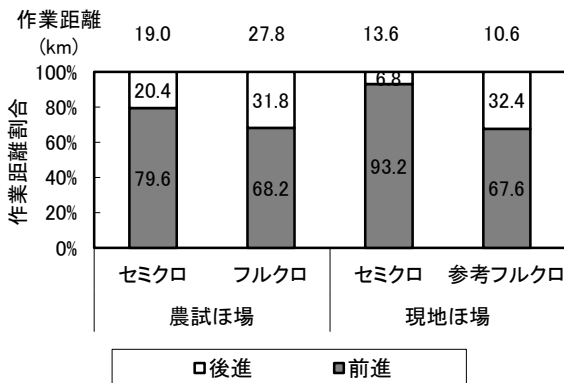


図2 レーザ均平作業の作業距離割合

均平前(2012.4 耕うん前)

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-12.0	-30.2	-14.8	-1.2	6.0	1.2	-1.6	-14.2
B	-5.2	-12.4	-0.2	4.0	5.6	4.0	0.6	-0.4
C	-15.4	-9.2	-0.4	10.0	17.0	10.0	-10.8	-6.6
D	-11.8	-0.8	9.4	14.6	19.2	20.8	-7.8	-5.0
E	-10.2	-5.8	9.0	10.2	17.2	17.4	5.0	-4.6

均平作業後(2013.4 均平作業後)

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-17.7	-22.3	-4.1	-4.5	4.5	6.9	5.3	-2.7
B	-0.3	-15.1	-2.9	9.7	1.5	3.1	-4.9	-3.1
C	-7.5	-4.7	-2.9	-0.3	12.1	-4.1	-3.3	1.1
D	-1.9	4.9	6.5	4.7	8.5	-6.7	10.3	0.5
E	-5.7	3.5	15.5	1.5	6.1	7.9	1.3	-0.7

図3 均平作業前後の田面高さの状況 (左 ほ場図の数字は平均を0とした田面高さ(mm))

	調査地点	最大 mm	最小 mm	中央 mm	σ
均平前	40	20.8	-30.2	-0.4	11.4
均平後	40	15.5	-22.3	0.1	7.7

注)調査地点田面高さの平均値を0として、算出した。

注)1メッシュは250㎡(25×10m)である。

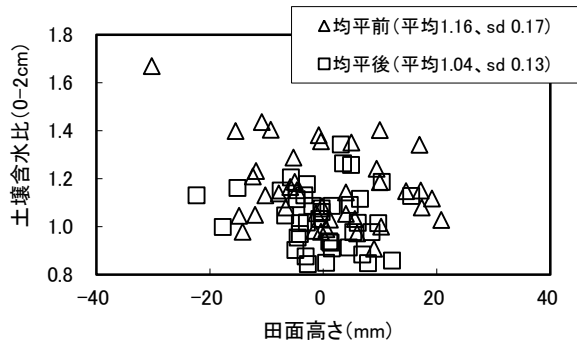


図4 田面高さと播種後落水再湛水前の土壌水分

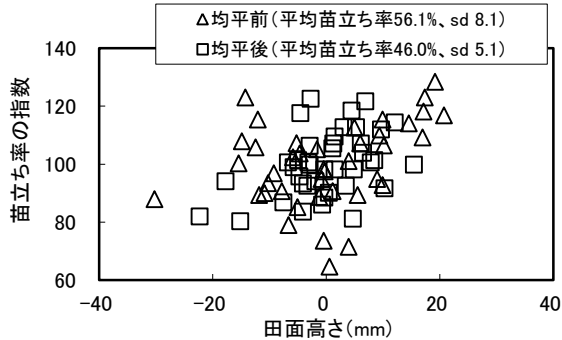


図5 田面高さと苗立ち率の関係
注)各年次の平均値を100とした指数で示した

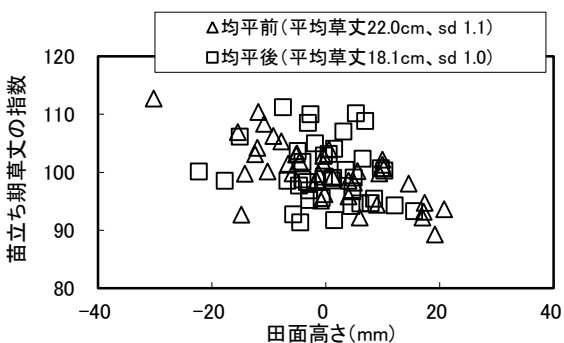


図6 田面高さと苗立ち期草丈(播種33日後)の関係
注)各年次の平均値を100とした指数で示した

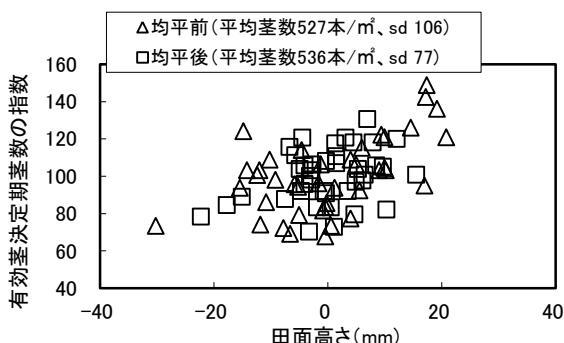


図7 田面高さと有効茎決定期頃の茎数の関係
注)各年次の平均値を100とした指数で示した

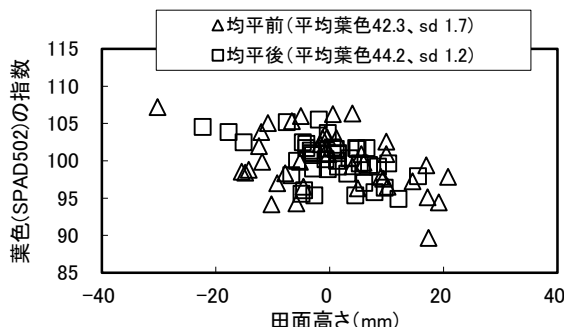


図8 田面高さと幼穂形成期の葉色の関係
注)各年次の平均値を100とした指数で示した

表4 収量及び収量構成要素と田面高さの相関係数

	均平前		均平後	
	平均(±sd)	r	平均(±sd)	r
穂数(本/m ²)	506(±50)	0.204	482(±45)	-0.177
総粒数(千粒/m ²)	29.0(±3.5)	0.073	31.3(±3.6)	-0.215
登熟歩合(%)	90.5(±1.6)	-0.001	89.1(±4.4)	0.159
千粒重	22.9(±0.2)	-0.050	22.4(±0.2)	-0.173
収量(kg/a)	60.0(±4.1)	-0.168	56.5(±3.7)	-0.155

5. 経営評価

レーザ均平装置(大型トラクタ)は高額であるが、圃場の均平化は作業性、生産性改善に有効な手段で、大規模水田作を展開する上では、必須機材になると考えている。小回りで旋回できることで走行距離が減少できるため、作業時間の短縮や燃料の削減に有効である。

6. 利用機械評価

プラウ耕後のほ場等の悪路でピッチング方向の揺れが大きい(オペレータ)。

7. 成果の普及

生産者のトラクタ選択時の基礎資料とする。直播栽培での均平の重要性を示す基礎資料とする。

8. 考察

(1) 直装式レベラを用いたセミクローラトラクタによる均平作業はフルクローラトラクタの場合に比べ、後進回数が減少し、前進距離の割合が高まることで、作業能率が向上した。圃場内で小回り旋回できることがメリットであった。また、作業時間が短縮されるため、燃料消費量が

減少した。さらに、同型エンジンを搭載した機材の比較では、走行距離あたりの燃料消費量が同等であることから、作業距離を短縮する作業計画が重要と考えられた。けん引力はフルクローラに比べ劣るが、営農環境に合わせて、選択する必要があると考えられた。

(2) 均平後区の再湛水前の土壌含水比は均平前に比べ、平均値とそのバラツキが小さく、均平前区及び均平後区の苗立ち率は田面高さと 5%水準で正の相関(均平前 $r=0.358$ 、均平後 $r=0.427$) が認められた。幼穂形成期頃までは、草丈、茎数、葉色で田面高さの影響が認められたことから、ほ場均平作業は直播栽培水稻の生育の安定化に有効と考えられた。しかし、田面高さと収量及び収量構成要素は相関が認められなかった。ほ場均平は大規模水田作を行う上では必須機材になると予想されるので、トラクタの特徴と併せて情報提供していく必要がある。

9. 問題点と次年度の計画

特になし

10. 参考写真



写真 セミクローラトラクタと農作業情報記録装置



写真 試験機による均平作業（現地ほ場）



写真 対照機の均平作業（農試ほ場）