

平成26年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 3101-727261（受託（民間）研究）

1. 研究課題名と成果の要点

- 1) 研究成果名：超音波式自動操舵システムによる作業特性
（研究課題名：超音波センサによる自動操舵システムの評価）
- 2) キーワード：自動操舵、低速、畝追従性、疲労軽減、超音波
- 3) 成果の要約：超音波式自動操舵システムは速度5km/h以内において、直線、曲線によらず手動よりも精度良く目標線に追従することが可能であった。アンケート調査の結果、人手不足の解消や疲労軽減など導入時に期待した効果が発揮されており、農作業人員の少人数化や大規模化を支援する技術として有効であった。

2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：十勝農試・研究部・生産システムG・研究主任 原 圭祐
- 2) 共同研究機関（協力機関）：

3. 研究期間：平成26年度（2014年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

農作業人口の減少、高齢化などの要因から経営耕地面積に見合った人数の熟練作業確保が困難な状況にあり、基幹オペレータの負担増や生産性の低下が指摘されている。このため、新規就農者や異業種参入者等の農作業に未熟練なオペレータでも高精度な農作業が実行可能なサポート技術が求められている。

2) 研究の目的

未熟練作業者の作業精度向上や農作業オペレータの疲労軽減支援のため、超音波式のトラクタ自動操舵システムの作業特性を明らかにすることを目的とした。

5. 研究内容

1) 自動操舵による畝追従性評価

- ・ねらい：超音波式の自動操舵システム（ライハート社製, US-400, 表1）による畝追従精度の比較試験および現地における実態から畝追従精度を評価する
- ・試験項目等：場内-自動操舵、手動（熟練、未熟練）、直線曲線（走行距離各400m）、作業速度の組み合わせ 現地-てんさい移植（走行距離11, 108m）、ながいもトレンチャ（走行距離513m）
- ・畝追従精度の評価：RTKGPSにより測定した畝切り時および本作業時の作業軌跡のずれを1m間隔で算出

2) 自動操舵システム利用の効果に関する調査

- ・ねらい：自動操舵システム利用に対する、使用者の評価を明らかとする
- ・試験項目等：使用者へのアンケート（配布28件、回収17件、内容：導入理由、使用作業、使用後の評価）

6. 成果概要

- 1-1) 場内での直線作業における目標線からのずれは、手動では作業速度2km/h時で平均2cm程度、5km/h時では平均4cm程度であったが、自動操舵では速度によらず1cm程度であった。曲線作業において手動では曲線箇所まで目標線に対して内側にずれるのに対し、自動操舵ではほぼ目標線に沿った操舵が可能であった。このため、目標線からのずれは、手動では平均6cm前後であったのに対し、自動操舵では手動よりも小さく平均2.5cm前後であった（表2）。なお、手動による熟練者と未熟練者の走行精度に差は認められなかった。
- 1-2) 現地でのてんさい移植時の自動操舵システムによる目標線からのずれは平均約2cmで、走行距離の80%が3.1cm以内、90%が4cm以内であった。作業速度0.13km/h程度の超低速で実施したながいもトレンチャによる作溝時における目標線からのずれは平均1.5cmで、走行距離の95%が3.8cm以内であった（表2）。
- 2-1) 超音波式自動操舵システムは、ばれいしよ収穫・植え付け、てんさい移植、ながいもトレンチャなどで利用されており、導入理由は、人手不足が最も多く、次いで作業精度の向上と疲労軽減であった（データ省略）。
- 2-2) 使用後の評価として、てんさい移植やながいもトレンチャでは作業能率向上や疲労軽減に対するポイントが高かった（表3）。ばれいしよ収穫ではオペレータの融通性に対する評価が高く、規模拡大や少人数化への有効性に対するポイントが高かった。導入理由が人手不足解消の場合は、オペレータの融通性に対するポイントが高く、疲労軽減の場合は使用後の評価としても疲労軽減に対するポイントが高いことから、導入時に期待した効果がほぼ発揮されていると推察された。これらのことから自動操舵システムは、農作業人員の少人数化や大規模化をサポートする技術として役立つと考えられる。

< 具体的データ >

表1 超音波式自動操舵システムの概要

型式	US-400
追従方式	超音波式
操舵方式	電動ステアリングモータ
追従線	マーカー跡、タイヤ跡、作物列、畝など連続した凹凸のある帯状物 ※追従線の幅は15cm以上を目安、作物列は高さ10cm以上
適応車両	パワーステアリング機構のトラクタ、乗用管理機

表2 手動および自動操舵による畝追従性の比較

	直線作業						曲線作業						現地	
	手動(未熟練)		手動(熟練)		自動操舵		手動(未熟練)		手動(熟練)		自動操舵		てんさい移植	ながいも作溝
作業速度 (km/h)	2.1	5.1	2.2	5.3	2.1	5.0	2.1	4.0	2.3	4.2	2.1	4.2	4.8	0.13
平均 (cm)	2.4	3.7	2.0	3.9	1.0	1.3	5.8	5.9	5.5	6.1	2.7	2.2	2.0	1.5
最小 (cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
最大 (cm)	8.4	11.2	7.9	12.6	3.1	5.7	14.7	15.0	15.6	15.7	12.9	9.3	8.7	6.6
標準偏差	1.9	2.2	1.5	2.8	0.8	1.0	4.2	3.9	4.0	4.0	1.9	1.8	1.5	1.2
走行距離に占める軌跡の割合(目標線とのずれの累積度数)別の畝追従精度														
50% (cm)	2.1	3.6	1.7	3.6	0.8	1.1	5.1	5.5	4.8	5.4	2.3	2.0	1.7	1.3
60% (cm)	2.7	4.2	2.1	4.3	1.0	1.3	7.0	7.2	6.0	6.5	2.8	2.4	2.1	1.7
70% (cm)	3.3	4.9	2.5	5.1	1.3	1.6	8.1	8.2	7.1	7.7	3.5	2.9	2.5	2.0
80% (cm)	4.0	5.7	3.2	6.1	1.7	2.0	9.3	9.4	8.7	9.0	4.3	3.7	3.1	2.5
90% (cm)	5.1	6.7	4.2	7.5	2.1	2.5	11.2	11.2	11.0	11.1	5.4	4.5	4.0	3.2
95% (cm)	5.9	7.5	4.9	9.4	2.5	3.1	12.5	12.1	12.8	12.9	6.5	4.9	4.6	3.8
100% (cm)	8.4	11.2	7.9	12.6	3.1	5.7	14.7	15.0	15.6	15.7	12.9	9.3	8.7	6.6

注)追従の目標線としたトラクタタイヤ跡は、直線および曲線作業:幅38cm,深さ4.6cm、現地てんさい移植:幅33cm,深さ5.2cm、ながいも作溝:幅34cm,深さ3.2cm

表3 使用作業、導入理由別にみた利用者の評価

使用作業および導入理由	使用後の評価						
	作業精度	作業能率	オペレータ 融通性	適期作業 への貢献	肩への 疲労	腰への 疲労	規模拡大、 少人数化への 有効性
使用作業							
てんさい移植	3.3	4.0	3.3	2.8	4.3	4.3	3.5
ばれいしょ植え付け	2.7	3.7	3.0	1.7	3.7	3.3	3.3
ばれいしょ収穫	4.0	3.4	4.2	2.8	3.6	3.2	4.6
ながいもトレンチャ	3.7	5.0	3.7	3.0	5.0	4.3	3.0
導入理由							
人手不足の解消	3.8	3.5	4.0	2.7	3.7	3.2	4.3
作業精度向上	3.9	4.6	3.2	3.2	4.1	3.9	3.4
疲労軽減	3.8	4.0	2.8	2.8	4.5	4.0	3.8
全回答平均	3.7	3.7	3.5	2.8	3.8	3.5	3.9

注)数値は「変わらない」1点、「やや改善」3点、「かなり改善」5点としたときの平均点数

注)オペレータ融通性は未熟練者をトラクタに乗せられるなど

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- ・走行精度向上や疲労軽減を目的としたオペレータの支援技術として活用できる。利用に際してはトラクタオペレータの乗車を基本とする。
- ・傾斜地や極度な曲線・高速作業、目標ラインの幅や凹凸が不十分の場合は追従できない場合があることに留意する。

2) 残された問題とその対応

8. 研究成果の発表等

< 用語解説 >

超音波式自動操舵システム：作物列やタイヤ跡、畝など連続した凹凸のあるライン（目標線）とセンサ間の距離を超音波により測定し、目標線に追従するよう電動モーターでハンドルを操舵する仕組み。GPSを利用した自動操舵システムと異なり、GPSが受信できない環境や低速で利用できる。