

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K06315

研究課題名（和文）ロボットトラクタ協調作業における視線情報を基とした作業パターンの提案

研究課題名（英文）Proposal of work pattern based on visual line information in the robot tractor cooperative work

研究代表者

窪田 陽介（Kubota, Yosuke）

福島大学・食農学類・准教授

研究者番号：40535267

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：日本農業は、農業従事者の高齢化や新規就農者の減少、耕作放棄地の増加など多様な問題を抱えている中で、スマート農業が、これらの問題を解決する大きな鍵として注目を集めている。その中でもロボットトラクタを活用する有人-無人トラクタによる同時作業は、労働力不足の解消と生産コストの大幅な削減に貢献することが期待されている。そこで本研究では、有人-無人トラクタによる同時作業時の作業オペレータの視線計測を行い、視線軌跡、注視点、注視時間を視線情報として計測後、画像解析および深層学習により視線パターンモデルを構築し、それらの結果を基として、同時作業における安全かつ効率的な作業パターンを提案する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ロボットトラクタを用いた同時作業の評価と視線計測によるオペレータによる監視状況について検証した。視線計測は、ヒト行動における客観的計測手法として多くの研究に用いられているが、農作業の計測、評価に用いられた例は少ないことから、本研究の視線計測データを利用した解析結果の公表は、学術的意義は大きいと考えられる。また、現地試験によるスマート農機や新たな作業体系による作業時間計測、作業能率の算出または、従来方法との比較評価については、今後のスマート農業の普及に向けて基礎的なデータとなることから、本研究成果は、社会的意義も含まれていると考える。

研究成果の概要（英文）：Japanese agriculture is facing a variety of problems, such as the aging of farmers, a decrease in the number of new farmers, and an increase in the amount of abandoned farmland.

Smart agriculture is attracting attention as a major key to solving these problems. Among them, simultaneous operation by manned and unmanned tractors using robot tractors is expected to contribute to solving labor shortages and significantly reducing production costs.

In this study, we measure the operator's line of sight during simultaneous work by manned and unmanned tractors, and after measuring the line of sight trajectory, gazing point, and gazing time as line of sight information, we construct a line of sight pattern model using image analysis and deep learning. Based on these results, we propose a safe and efficient work pattern for simultaneous tasks.

研究分野：生物生産機械学

キーワード：ロボットトラクタ 同時作業 作業能率 視線計測 注視時間

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スマート農業の推進に向けて、2017年頃から農業機械メーカーがロボットトラクタ等の衛星測位による自律走行を装備したスマート農機の販売を開始し、現場運用に向けての実証が行われてきた。ロボットトラクタは、耕うん、代かき、播種などの無人・自動作業に対応しており、今後、ロボットトラクタの実用化が更に進むことで、ロボットトラクタを活用する有人・無人トラクタによる同時・協調作業の普及が予想される。同作業は、複数のロボットトラクタを1人の作業オペレータで運用する作業方法であり、1枚のほ場内で有人トラクタおよび無人トラクタが作業する協調作業（以下、協調作業）、複数枚のほ場を同時に作業する同時作業（以下、同時作業）などが挙げられる。これらの作業を行う際は、無人トラクタの監視が義務付けられているが、複数ほ場、複数台のトラクタの監視となれば、非常に煩雑な作業となる。そのため、今後のスマート農業の推進に向けて、安全かつ効率的なロボットトラクタによる同時・協調作業の作業体系の確立が求められている。

2. 研究の目的

ロボットトラクタを活用する同時・協調作業は、1人当たりの作付け可能面積を倍増し、労働力不足の解消と生産コストの大幅な削減に貢献することが期待されている。そこで本研究では、作業の効率化、安全性などに資するデータの計測を目的として、複数ほ場を有人と無人トラクタの2台で同時に作業する（以下、2台同時作業）時における各作業工程の作業時間による作業能率を算出した。また、2台同時作業時のオペレータの視線計測を実施し、ロボットトラクタの監視状況についても検証した。

3. 研究の方法

本研究では、無人トラクタとしてロボットトラクタ MR1000A（クボタ社）と自動操舵システム（ニコン・トリンプル社）を装備した有人トラクタ MR97（クボタ社）の2台を供試トラクタとし、1人の作業員によるほ場4筆における耕うん同時・協調作業の計測試験を実施した。その際、オペレータに視線計測器（TalkEye Lite）を装着した。TalkEye Liteは、ゴーグル式両眼タイプの眼球運動測定システムで、瞳孔画像処理方式によりオペレータの視線を計測する機器である（図1）。

試験ほ場は、福島県南相馬市小高区の紅梅夢ファーム保有の田神 298-299 (61.7a)、田神 293-294 (33.6a)、田神 296 (29.8a)、田神 295 (21.1a) とし、ほ場面積が大きい2ほ場を2台同時作業（無人トラクタ+有人トラクタ）、残り2ほ場（有人トラクタ）については1台単独有人作業により耕うん作業を行った。各トラクタの作業条件は、作業速度 2.0~2.2 km/h、耕深 18 cm、耕幅 260 cm とし、オペレータを 20 代男性（就農 2 年目）とした。

作業時間の計測については、各作業工程（直進作業、旋回走行、外周作業）を対象として計測し、作業能率を算出した。視線計測では、逆光等の影響抑制のため、ヘルメットに遮光シールドを使用し、オペレータに TalkEye Lite を装着して実施した。視線解析については、専用ソフトウェアを用いて、オペレータの作業中における視対象や注視時間を算出した。

2019年の計測試験では、4ほ場の耕うん作業を完了したが、2020年は、天候不順等の影響により、田神 293-294 は枕地作業、田神 295 で 50% 程度の作業を残して終了した。



図1 TalkEye Lite

4. 研究成果

(1) 作業工程における時間計測および作業能率

2019年および2020年に台単独有人作業と2台同時作業の作業能率を算出した。その結果、2020年における2台同時作業が 48.1 a/h と最大であった。これは、1台単独有人作業の 1.3 倍の作業能率となり、作業時間では、田神 298-299 と田神 296 において、2台同時作業で1時間 54分、1台単独作業では2時間 30分を要し、作業面積 91.5a では 36分の作業時間短縮となる。また、田神 298-299 および田神 296 における作業別の時間割合を算出したところ、2019年と比較して2020年が全体の作業時間の中で、2台同時作業の占める割合が増加していることが確認された。

2019年、2020年の田神298-299と田神296（計91.5a）におけるほ場別作業時間の計測の結果から、2020年が両ほ場において、作業時間合計が短縮されていることが分かった（表1）。これは、オペレータの運転技術の習熟により、旋回と枕地の作業速度が大幅に向上したためである。

表1 MR1000 および MR97 のほ場別作業時間（トラブル対応等除く）

MR1000A（田神298-299）							枕地
	合計	無人作業	有人作業				枕地 (有人)
			直進	旋回	1旋回平均	外周	
2019年	9238	3911	1989	1139	67	783	5327
2020年	6850	3599	2144	867	41	588	1877

MR97（田神296）					枕地
	合計	有人作業			枕地
		直進	旋回	1旋回平均	
2019年	4192	1188	289	32	2715
2020年	2915	1141	181	18	1593

(2) 2台同時作業時のオペレータの視線計測

耕うん同時作業中のオペレータの視線解析を行った結果（図2）、10分間の作業で、1分32秒（15.3%）視界内にMR1000Aを捉えていたが、オペレータが搭乗するMR97の進行方向にMR1000Aがある条件に限定された。また、1回の注視時間は、0.5秒～2秒程度であった。また、注視点からトラクタ前方、後方作業機、左右サイドミラー、計器類、その他に分類して解析した結果、作業時の70%以上をトラクタ前方、サイドミラーを注視しており、ロボトラの注視は、3%程度であった（図3）。

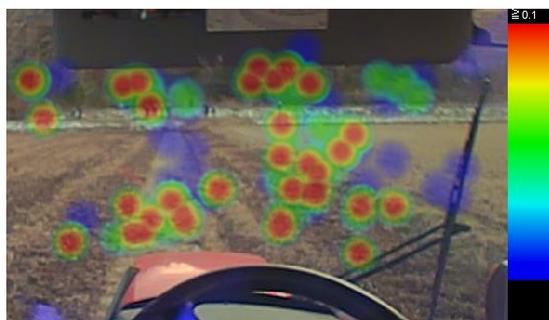


図2 オペレータの視線解析

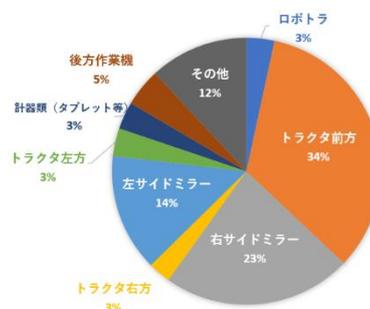


図3 注視点ごとの注視時間割合

本研究からロボットトラクタの4ほ場における同時作業の実施可能性が示されたが、作業工程等を原因とした効率に課題を残していることが確認された。

本試験から、2台同時作業の作業能率が1台単独有人作業の1.3倍であることが確認されたことから、同時作業による耕うん作業の効率化が確認された。しかし、2台同時作業の占有する作業時間は、作業別にみると50%未満となっている。この割合を増やすことで更なる作業の効率化に繋がる。これについては、ロボット技術、作業の運用方法を今後も検討する必要がある。

オペレータによるロボットトラクタの監視についても、様々な作業条件下での検証が必要と考える。今後は、上記の課題解決を図るフィールド試験および技術開発を図るのに加え、耕うん作業以外の代かき作業や播種作業について、同時・協調作業を実現する知見を蓄積する必要があると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 窪田 陽介、李 軍、五十嵐 研、佐藤 隆史
2. 発表標題 ロボットトラクタ同時作業における 作業効率およびオペレータの視線解析
3. 学会等名 第79回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 窪田 陽介
2. 発表標題 福島県における スマート農業に関する取り組みについて
3. 学会等名 農業工学シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------