

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450389

研究課題名(和文)ワイヤレスマーカを利用した農作業ロボット障害物判別精度向上技術の開発

研究課題名(英文)Development of obstacle recognition technology using wireless marker for agricultural robot

研究代表者

菊池 豊 (KIKUCHI, YUTAKA)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業技術革新工学研究センター労働・環境工学研究領域・ユニット長

研究者番号：90391507

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、農作業ロボットの安全性向上のためにワイヤレスマーカを利用した障害物や人の判別精度を向上する要素技術を検討した。室内でのパッシブ式マーカの検出距離は0～0.4mで、アクティブ式マーカは、8.6～60.0mであった。さらに、両システムを乗用トラクタに搭載し、圃場内で稲が繁茂している場所と繁茂していない場所での検出距離を測定した。その結果、検出距離はパッシブ式で稲内0.3m、稲外0.3m、アクティブ式で稲内1.3m、稲外1.1mであった。これらより、稲による遮蔽の影響が少ないことが分かった。これまで難しかった作物や雑草中の障害物や人の判別の精度を向上させる技術の可能性が見いだされた。

研究成果の概要(英文)：In this study, it was examined an obstacle recognition technology using wireless marker to improve the safety of the agricultural robot. In the laboratory, a passive-type marker in the laboratory was detected with 0～0.4m. An active-type marker was detected with 8.6～60.0m. Further, both wireless marker systems were equipped to the riding type tractor. The detection distance in a place where paddy in the field does not exist and where they exist was measured. As a result, detection distance were 0.3m in the paddy exist / not exist with the passive type. And, was 1.3m in paddy exist, 1.1m in not exist with the active type. It was found to be less affected shielding by paddy. From these, potential of technology to improve the accuracy of the obstacle or person of the determination in the crops and in the weed has been found.

研究分野：農学

キーワード：ロボット 安全性 センシング

1. 研究開始当初の背景

日本の土地利用型農業において大規模化を推進するために農作業ロボットを利用した超省力農作業体系の構築が必要とされていることが本研究の背景となっている。

2. 研究の目的

ロボット作業体系構築のために必須であるロボットの安全技術の中で、人、障害物との衝突事故対策として従来使われてきた非接触式障害物センサに加えて、あらかじめ障害物等へ貼付した IC タグ等のワイヤレスマーカを検知する手法を活用して、これまで難しかった畦畔周辺の誤検出解消や雑草中の障害物や人の判別精度を向上する要素技術を改善するとともに、それらを一体化した安全性向上のための条件を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1)パッシブ式マーカシステム試作

障害物等へ貼付するマーカシステムについて、要件を検討し、システムを試作した。

(2)検出範囲室内測定

試作システムを使用して、室内において、RFID の検出範囲を測定した。この時、RFID はアンテナと平行な向きとした。座標軸は、アンテナ中心を原点 (0)、アンテナに垂直な方向を X 軸、アンテナの長辺方向を Y 軸、短辺方向を Z 軸とした。なお、金属による影響を受けないようにアンテナから周囲 1 m 程度金属を遠ざけて行った。

(3)貼付物、遮蔽物による影響測定

貼付物、遮蔽物による影響を調査するために、上記の試作システム (本体アンテナ A) を使用して RFID (Nd) の検出範囲を測定した (図 4)。試験条件は、測量杭 (コンクリート製、鉄筋無し、サイズ左右 100 × 前後 100 × 上下 600mm) へ貼付の有無及び、RFID とアンテナの間に遮蔽物として稲束の列 (品種ヒノヒカリ、水分 75%w.b., サイズ前後 70 × 左右 700 × 上下 1000mm) 設置有無の合計 4 条件とした。アンテナと RFID との向きは、互いに平行とした。なお、装置の周囲にある金属によって検出範囲の影響を受けないようにアンテナから周囲 1 m 程度金属を遠ざけて行った。

(4)アクティブ式マーカ検討

試作したパッシブ式マーカシステムと別方式のアクティブ式のシステムについて、微弱無線式 (コスモテクニカ製、周波 315MHz、アンテナサイズ前後 115 × 左右 155 × 上下 80 mm) の検出範囲を測定した (図 7)。

(5)乗用トラクタ車載、検出距離圃場測定

乗用トラクタへの取り付けジグなどを試作し、両方式のシステムを乗用トラクタ (機関出力 22.1kW) に搭載した (図 8)。マーカを樹脂製支柱へ貼付した。そして、圃場内で稲が繁茂している場所と繁茂していない場所へマーカを設置し、マーカの検出距離を測定した (図 9)。

4. 研究成果

(1)パッシブ式マーカシステム試作

マーカシステムとして、圃場での使用を考慮し電源不要なパッシブ式 RFID システム (ISO/IEC 15693, ISO/IEC18000-3 に準拠) とした。システムは、マーカ、アンテナ、リーダーライター、制御 PC から構成されている (図 1)。

マーカは、障害物や人に貼付することを想定して外形は全てカード形で、外形寸法は 13 × 30 × 0.5 mm (以下, a), 10 × 100 × 0.5 mm (以下, b), 43 × 54 × 0.5 mm (以下, c), 70 × 90 × 0.5 mm (以下, d) の 4 種類とし、金属非対応 (以下, N) ・対応 (裏面にフェライト系磁性体シート貼付 (以下, M)) の 2 種類として、合計 8 種類試作した (表 1)。

アンテナは、ロボットに搭載することを想定し、全て矩形のパネル形で外形寸法は 325 × 255 × 13 mm (以下, A), 200 × 50 × 10 mm (以下, B), 60 × 65 × 10mm (以下, C) の 3 種類試作した (表 2)。

リーダーライターは、周波数 13.56MHz (HF 帯)、出力 1 W のものを試作した。

表 1 試作 RFID 仕様

マーカ	外形寸法 [mm]	コイル外径 [mm]	金属対応
Na	13 × 30	11 × 27	無
Nb	10 × 100	7 × 96	無
Nc	43 × 54	29 × 42	無
Nd	70 × 90	48 × 70	無
Ma	13 × 30	11 × 27	有
Mb	10 × 100	7 × 96	有
Mc	43 × 54	29 × 42	有
Md	70 × 90	48 × 70	有

表 2 試作アンテナ仕様

アンテナ	外形寸法 [mm]	コイル外径 [mm]
A	325 × 255	277 × 209
B	200 × 50	199 × 49
C	60 × 65	59 × 64

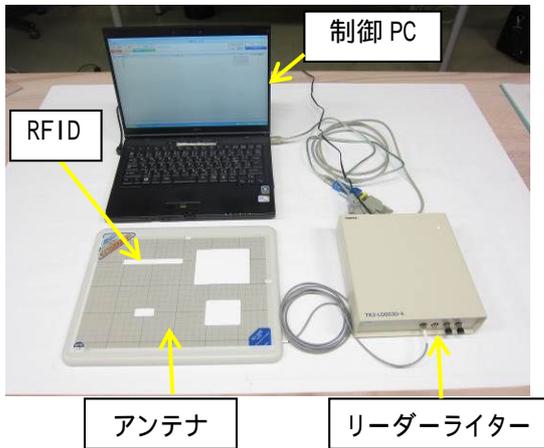


図1 試作システム(パッシブ式)

(2) 検出範囲室内測定

試作パッシブ式 RFID の検出範囲は、凡そ釣り鐘形となり、X 方向の検出距離はアンテナの中心付近が最大であった。さらに、今回はアンテナ：A と RFID：Nd の組み合わせで X 方向の検出距離 410mm と最大であった（図 2，3）。

金属非対応・対応の比較では、非対応の方が 2 倍近かった。また、動作が「未検出検出」と「検出 未検出」とでは、「検出未検出」の方が、2～10mm 長かった。

一方で、X 方向の最大検出距離は、アンテナ A では、 $N_a < N_b < N_c < N_d$ となったが、アンテナ B, C では、逆転することがあった。これは、アンテナの磁束分布と RFID のコイルとのマッチングによるものと推察された。

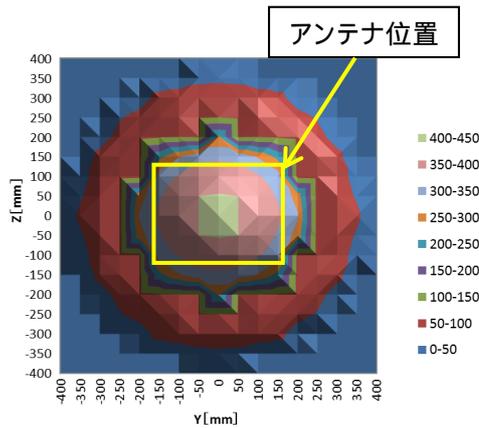


図2 RFID の検出範囲 (Y-Z 面)
(アンテナ：A，RFID：Nd)

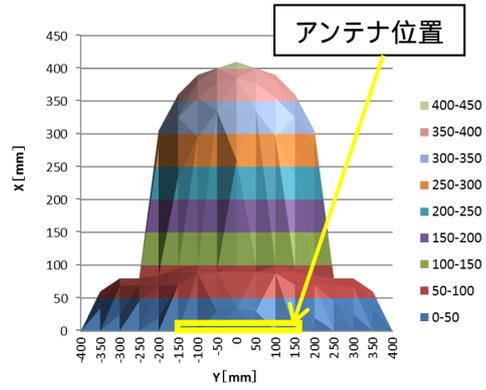


図3 RFID の検出範囲 (X-Y 面)
(アンテナ：A，RFID：Nd)

(3) 貼付物、遮蔽物による影響測定

試作パッシブ式 RFID の検出範囲について、測量杭へ貼付したことにより検出距離は半分程度になった（図 3，5）。

稲束の有無による差は 10mm 程度と遮蔽物の影響はほとんど無かった（図 3，6）。

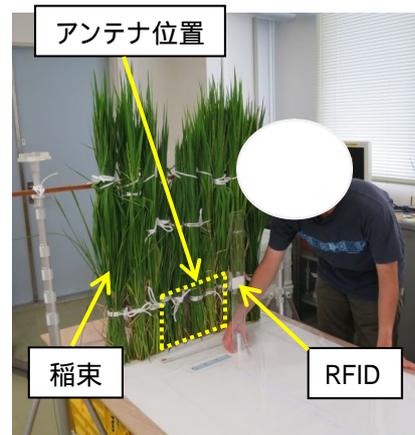


図4 検出範囲測定風景
(アンテナ：A，RFID：Nd，
遮蔽物：稲束，貼付物：無)

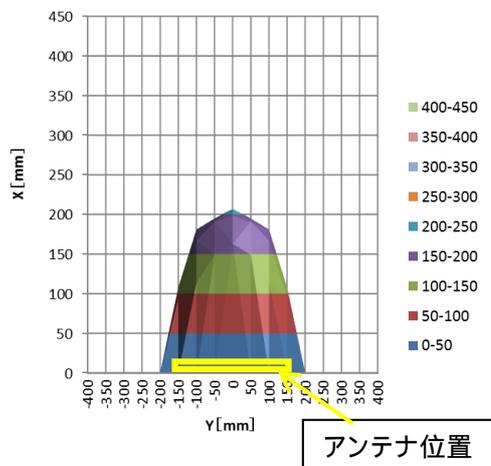


図5 RFIDの検出範囲(X-Y面)
(アンテナ:A, RFID:Nd,
遮蔽物:稲束, 貼付物:測量杭)

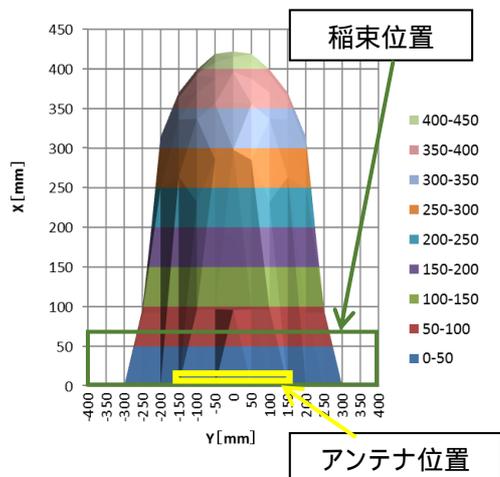


図6 RFIDの検出範囲(X-Y面)
(アンテナ:A, RFID:Nd,
遮蔽物:稲束, 貼付物:無)

(4) アクティブ式マーカ検討

アクティブ式マーカシステムにおける前後方向の検出距離は、8.6m(ダイヤル設定0)~60.0m(8)で、ダイヤル値の2乗に比例する傾向があった。これは、電波が3次元空間に拡散して減衰するためと考えられた。ただし、近距離ではばらつくことがあった。これは、地面による電波の反射や電波干渉などの影響によると考えられた。

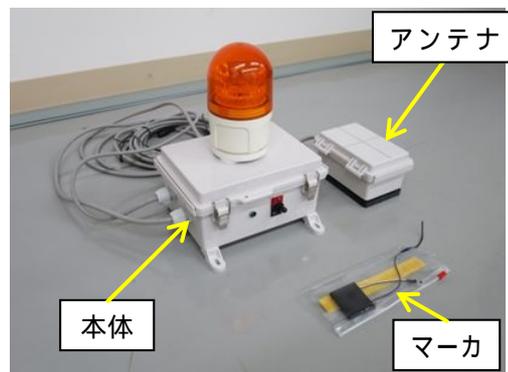


図7 マーカシステム
(アクティブ式)

(5) 乗用トラクタ車載, 検出距離圃場測定
検出距離はパッシブ式で稲内 0.27m, 稲外 0.27m, アクティブ式で稲内 1.33m 稲外 1.12m であった。

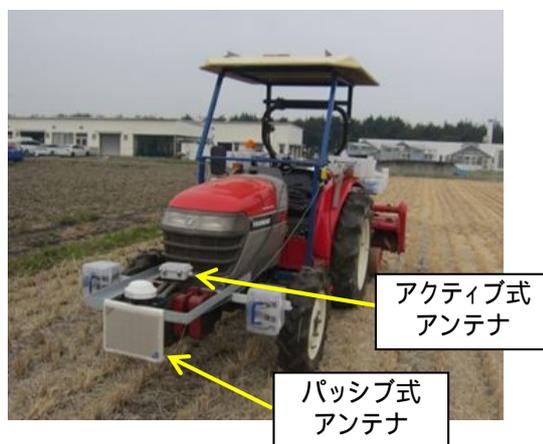


図8 乗用トラクタ車載状況

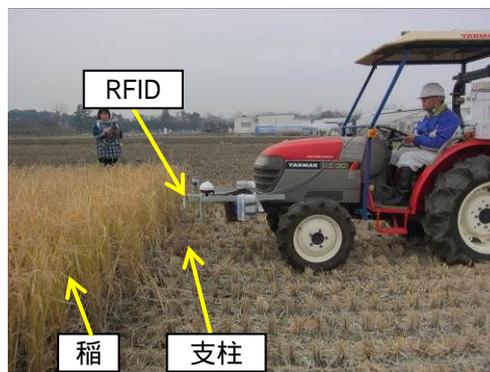


図9 圃場内検出距離測定風景
(稲外, パッシブ式)

これらより、貼付物によって影響があるものの、稲による遮蔽の影響が少ないことが分かった。これまで検出が難しかった作物や雑草中の障害物や人の判別の精度を向上させる技術の一つとして有望なことが見いだされた。また、パッシブ式はマーカに電源が不要で、アクティブ式はマーカの電池寿命が10日程度であり、長期間使用する場合には留意する必要があった。さらに、障害物や人の判別以外にも、圃場外への暴走防止、機械への巻き込まれ防止のための安全装置の要素技術としても適用の可能性があると考えられた。

以上、3カ年にわたる研究において、パッシブ、アクティブ式ワイヤレスマーカの両システムを試作して、これまで検出が難しかった作物や雑草中の障害物や人の判別の精度を向上させる技術による要素技術について研究を行った。農業分野において、国内外でこのような研究はほとんど見られず、農作業ロボットの安全性向上のための要素技術に関する貴重な資料を得ることができた。

今後、これらの知見を基にロボットを安全技術の向上を図っていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

菊池豊, 農作業ロボットの特徴と安全対策, 労働の科学(労働科学研究所), 査読無, 70巻, 2015, 16-20

菊池豊, 農作業安全と人間工学, 労働の科学(労働科学研究所), 査読無, 70巻, 2015, 14-17

坂本隆行, 越智資泰, 菊池豊, 小林 恭, 田中 亨, 尾崎行生, アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引法が収量および長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業性に及ぼす影響, 園芸学研究, 査読有, 14, 2015, 43-50

菊池豊, 瀬尾明彦, 湯浅一康, 宮本武緒, 松田一郎, 小林恭, 武田純一, 農業機械表示類における文字の実態と視認性, 農業食料工学会誌, 査読有, 76巻, 2014, 333-340

菊池豊, 農作業と人間工学, 農業いばらき(茨城県農業改良協会), 査読無, 65巻, 2013, 14-17

〔学会発表〕(計6件)

菊池豊, 玉城勝彦, 長坂善禎, 齋藤正博, 元林浩太, 栗田寛樹, 中坊嘉宏, 大場光太郎, 車両系農作業ロボット安全性検討, 農業環境工学関連5学会2015合同大会, 2015.9.17, 岩手大学(岩手県・盛岡市)

菊池豊, 石井利近, 我妻敏光, 内野達哉, 大場光太郎, ワイヤレスマーカを利用した農作業ロボット安全性向上技術の開発 - マーカ方式検討と検出範囲調査, 農業食料工学会関東支部, 2015.8.5, 日本大学(神奈川県・藤沢市)

菊池豊, 玉城勝彦, 齋藤正博, 元林浩太, 石

井利近, 鈴木利浩, 車両系農作業ロボットの安全確保ガイドラインの検討, 日本農作業学会, 2015.5.15, 神戸大学(兵庫県・神戸市)

菊池豊, RFIDを利用した農作業ロボット障害物検出技術の開発(第1報) - RFID装置試作と検出範囲調査, 日本農作業学会, 2015.3.20, 千葉大学(千葉県・柏市)

菊池豊, 玉城勝彦, 長坂善禎, 齋藤正博, 西脇健太郎, 元林浩太, 農作業ロボットのリスク分析と安全対策の検討(第2報) 安全距離の検討, 農業食料工学会, 2013.9.12, 帯広畜産大学(北海道・帯広市)

長坂善禎, 玉城勝彦, 西脇健太郎, 齋藤正博, 菊池豊, 元林浩太, A Robot System for Paddy Field Farming in Japan, The 4th IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post Harvest Industry, 2013.9.1, Oulu(Finland)

〔図書〕(計3件)

菊池豊, 玉城勝彦, 中央農研, 農作業ロボットの安全性確保に関する研究(第2報), 2016, pp.1-32

菊池豊, 実教出版, 高等学校農業科農業機械, 農業機械と安全, 2015, p161-172

菊池豊, 玉城勝彦, 中央農研, 農作業ロボットの安全性確保に関する研究(第1報), 2015, pp.1-63

6. 研究組織

(1)研究代表者

菊池 豊(KIKUCHI, Yutaka)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業技術革新工学研究センター
労働・環境工学研究領域・ユニット長

研究者番号: 90391507