様式C-19

# 科学研究費補助金研究成果報告書

平成２１年　６月　１日現在

研究種目：若手研究（Ｂ）
研究期間：2006～2008
課題番号：１８７８０１９５
研究課題名（和文）信頼性工学の手法による機械作業の不具合診断
研究課題名（英文）Analyzing Farm Work Faults Using the Reliability Engineering Method

研究代表者
小林　有一（KOBAYASHI YUICHI）
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター・バイオマス資源循環研究チーム・主任研究員
研究者番号：１０３５５５１３

研究成果の概要：
農作業を円滑に進める上での、作業上の不具合発生について、頻度、内容、影響等の調査をした。調査対象として、水稲、飼料イネ専用収穫機、稲ワラ収集、牧野管理および施設内作業として中央農研に設置されていた小規模搾油工場などを調査した。
各調査対象より得たデータを、信頼性工学の手法に則り解析し、ＦＭＥＡ解析表に取りまとめた。作業上の不具合は部品、作業、機械の３種類に大別できた。

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合　計 |
|---|---|---|---|
| ２００６年度 | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 |
| ２００７年度 | 700,000 | 0 | 700,000 |
| ２００８年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総　計 | 3,600,000 | 210,000 | 3,810,000 |

研究分野：農学
科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学
キーワード：農業工学、農作業

## １．研究開始当初の背景

我が国の農業の特色は、一経営あたりの耕作面積が小さく、また栽培状況も緻密かつ繊細であるため、これまでの農業機械は、設計上の目標が大面積や長期間の使用を想定していなかった。一方最近ではコントラクターなど作業受託をする組織が多数存在するが、これらの組織が担当する作業面積は、面積、時間とも従来を大幅に超えており、耐久性の限界を超えたと想像される故障が発生している。こうした故障は、コントラクターにとってはコストダウンの妨げであり、日本農業全体でみた場合には、生産性・合理化の障壁であり、故障発生の予測が必要とされている。

機械作業一般では、事故を含めた様々な不具合により、作業の中断が発生し、理論値通りの作業が実施できていない現状がある。またその不具合については、当事者により発生に至るまでの状況や、結果についての表現、深刻度の認識が異なる。そのため、不具合発生から得た教訓や、対策の知見、解消法のノウハウなどが、他者には共有できないことを表している。このことは、特に新規に導入しようとする技術については、作業者にとってこれまでの蓄積がなく、不具合発生の頻度を増加させることを示唆している。

## ２．研究の目的

機械作業時に発生する不具合についての表現があいまいであると、原因についても、『作業のミス』や『製品寿命』、『作物の出来』などと安易に解釈され、不具合回避あるいは解消のための手法・開発が遅れる原因となり、こうした不具合を科学的手法により共通認識する必要がある。

本研究では、機械作業の円滑な進行を妨げている各種の作業ロスや不具合とその復旧に要する時間などの実態について調査してその内容を分析し、その不具合内容をユーザーあるいはその予備軍などで共有できる表現形式の開発を目指す。

## ３．研究の方法

農業現場での不具合発生および発生に至る状況について、現地での観察、聞き取り、作業日誌の解析、GPS による作業履歴の取得などにより調査した。

抽出された不具合について、信頼性工学の各手法(JIS Z 8115)、すなわち、ＭＴＴＦ (Mean Time To Failure), ＭＴＴＲ (Mean Time To Repair), ＦＭＥＡ (Failure Mode Effect Analysis), ＭＴＢＦ (Mean Time Between Failure)、により不具合の特徴を解析した。Ｆ (Failure) としては、断線、短絡、折損、摩耗、特性の劣化が相当する。作業全体の稼働可能期間を固有アベイラビリティで算出した。

調査現場として、中央農研（飼料イネ専用収穫機、自脱コンバイン、汎用コンバイン、ロールベーラ、種子の調製搾油機械システムほか)、Ｈ法人（飼料イネ専用収穫機など)、Ｋ公社（自脱コンバイン、汎用コンバイン、普通コンバイン（大型))、Ｏ法人（飼料イネ専用収穫機など)、Ｓ農業法人（自脱コンバイン、汎用コンバイン)、Ｔ法人（飼料イネ専用収穫機)、Ｋ稲わら利用収集組合（作業内容：稲ワラの収集(330ha)、ロールベーラ（牽引型)、ジャイロ、)、Ｋ法人（作業内容：傾斜地でのススキ収集、使用機材：ヘイレーキ、ロールベーラ（傾斜地用トラクタ＋牽引型)、サイドモア）などを調査した

## ４．研究成果

飼料イネ専用収穫機を対象に、作業の不具合発生の調査結果をＦＭＥＡ解析した結果を表１に示す。故障モードを明らかにし、要因や原因を探ってみることにより、不具合の実態が、部品の初期不良、経時的性能劣化、作業精度の劣化、事故、機械の不動などであった。これを分類したところ、不具合は部品の不具合、作業の不具合、機械の不具合の３種に大別することが出来た。

Ｈ法人では飼料イネの収穫を９月上旬から 10 月上旬にかけて作業した。作業面積は約 16.4ha で、1,410 個のロールを得た。この間、台風の影響等で作業休止したのが３日、人員不足が１日あり、作業可能日は 23 日であった。保有機械は１台であったが、動作不能時には予備（リース）機で作業した。出動日数の内訳は、保有機が９日、予備機が９日、

表１　ＦＭＥＡ解析の結果

| サブシステム | 部品 | 機能 | 故障モード | 要因 | 想定される原因 |
|---|---|---|---|---|---|
| ロールベーラー部 | トワイン | ロールの結束 | スチールローラへの巻き付き | トワインの送り出し不良 | 直前機会での切断不良、水濡れ |
| | シャーピン | 過負荷の検知 | 折損 | 梱包圧の異常上昇 | ベーラーの不十分な閉鎖 |
| | タイトチェーン | 結束動力の伝達 | 破断 | 疲労、過負荷 | 使用限度切れ |
| 結束部 | 繰出しローラ | トワインの繰り出し | トワイン繰り出し不良 | トワイン繰出しローラ間への異物混入 | 繰出しローラの溝が埋まる |
| | トワインナイフ | トワインの切断 | トワイン切断不良 | トワイン案内金具への巻き付き、案内金具からの脱落など | |
| 刈取り部 | 第２繰り出し部分引き起こし爪 | 収穫物の引き起こし、搬送 | 破損 | 収穫物の荷重が引き起こし爪の支持力を越えた | 引き起こし爪の支持力不足 |
| | 引き起こし装置のプーリーのキーピン | 引き起こし爪稼働動力の伝達 | 破断 | 収穫物の荷重がキーピンの耐荷重を越えた | キーピンの耐荷重不足 |
| | 引き起こし爪 | 収穫物の引き起こし、搬送 | 搬送不能（詰まり） | 収穫物の過供給 | 走行速度が速すぎた |
| | フレールカッター刃 | | 刃の脱落 | カッター刃への衝撃 | 土を噛んだ、石等を跳ね上げたなど。 |
| | フレール下センサ | レベルセンサー | 損壊 | センサへの衝撃 | 下げたまま後進し、土に噛み込んだ |
| | 防塵カバー・エアシュート | 収穫物の搬送経路 | 詰まり | 収穫物の過供給 | 走行速度が速すぎた |
| | 高さゲージ | 刈高さの目印 | 折損 | フレールの下げすぎ | オペレータの技術力不足。 |
| 電装系 | ベーラ開閉部分のリレースイッチ | ベーラ開閉信号の伝達 | 断線または短絡 | | 使用限度切れ |
| | 尿素添加装置のスイッチ | 尿素添加装置の稼働 | 断線又は短絡 | | 使用限度切れ |
| 車体全体 | | | フラッシャの損壊 | 激突 | オペレータの技術力不足。 |
| | | | トラックからの落下 | 操作ミス | オペレータの技術力不足。 |
| | | | 畦半への接触 | 操作ミス | オペレータの技術力不足。 |

また故障部品箇所を補い合い、２台から１台を組上げた、合体機での作業日が３日あった。機材がそろえられず、作業を断念した日が３日あった。この条件下で、作業が休止した収穫機本体のトラブル件数は、13 件／２台であった。各機材に注目してみると（図１）、１台は出動９日で、圃場で復旧した不具合が５回、計 3.5h、工場行きが２回発生した。動作時間は 58.8h であったので、MTBF＝8.4h であった。もう１台は出動９日で、圃場での復旧が４回で 5h、工場行きが２回発生した。動作時間は 57.0h であったので、MTBF=9.5h であった。工場行きは、部品交換が必要な場合であり、結果として部品調達に要する時間が復旧時間に加わるため、４日以上必要とした場合があるなど、単独で保全度や MTTR を算出できる条件になかった。この事例全体で、作業負荷を算出したところ、期間の動作可能時間が 192h であるが、うち動作不可能時間は、49.5h であった。したがって、MTBF=17.45h、MTTR=4.5h であり、固有アベイラビリティ、すなわち、この体制で収穫可能日にすぐに作業できる割合は、79.4%であった。

畜産用に水稲収穫後のわらの収集を請け負っているＫ稲わら利用収集組合では、地区ごとに分散した圃場で、ロールベーラ（牽引型）、ジャイロ、ロールグラブを使用した組作業を実施している。年間の作業実績は 330ha であった。前日までの天候条件によって現場に行ってから作業が出来ないことが判明する場合もあり、円滑な作業を妨げていた。機械の不具合としては、ロールベーラのネットがけの不良が連続して発生することがあった。これは切断刃の受けが摩耗したことが原因の一つであり、部品を交換したところ不具合が解消された。地区毎で圃場の集積度が異なり、総走行距離に占める作業距離は 59～92.1%であり、条件によっては圃場間移動に要する移動距離が 40%を占めている実態が明らかになり、走行系統への負担が懸念された。

水稲とコムギの収穫に自脱コンバインを使用しているＳ法人では、６条刈りコンバインを、平成１３年から使用し平成１６年までは 300h／年、平成１７年以降は 100h／年の作業を負担していたものも、この間の大きな不具合はゼロ件であった。アワメータ 1,300h において、グレンタンク側のクローラの断裂が発生した。1,300h の走行であれば製品の耐久性としては十分であると言える。断裂した側のクローラは、概して左旋回の回数が多いことに加え、タンク側に相当し、左側と比して部品への負荷が大きいため、先に劣化が進行したと考えられる。

Ｋ公社では水稲（205ha）収穫に計７台のコンバインを使用しており、うち２台は、１シーズン当たり作業時間が 100h を越える同型のイネ専用コンバイン（自脱６条刈り、41ps）である。両機とも、オイルシール、フィルター、軸周りのスリーブなど汚染、摩耗する部品については、これまでも毎年交換されており、作業終了後には点検修理を実施した。調査期間年度中に作業中に作業の数日にわたる中断を余儀なくされる不具合はなかった。年間作業時間とメンテナンス時の部品交換箇所との関係を図２に示す。調査した当該公社の事例では、年間作業時間が多いほど、メンテナンス時の要交換部品箇所が多い傾向が見られた。作業時間が 50 時間未満であっても、メンテナンスの必要性が確認できた。また回転方向が一定のスプロケット、扱胴のコキハなどの摩耗しやすい部品でも、表裏のローテーションで部品寿命を伸ばすことが出来、年間３００時間の作業実態があるコンバインであっても、定期メンテナンスが確実に実施されると不具合発生件数がほとんど確認されておらず、メンテナンスの重要性が確認された。

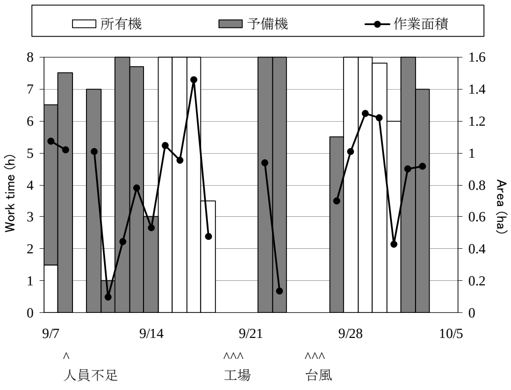


**図1　作業機の稼働実態**

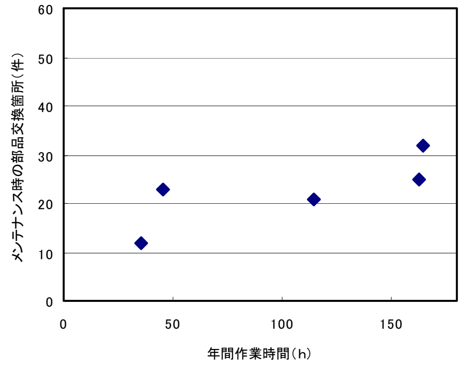


図２　収穫機の作業時間と要交換部品件数の関係

５．主な発表論文等
〔雑誌論文〕（計２件）

① Yuichi KOBAYASHI, Wataru IIJIMA, Hitoshi KATO, Kazuhiro TAKEKURA, Ken TANIWAKI, Genta KANAI. 2008. Oilcake as a fuel alternative to wood pellets. Proc.17th International Sunflower Conference, 803-806.2008（査読有り）

② Yuichi KOBAYASHI, Hitoshi KATO, Kazuhiro TAKEKURA, Wataru IIJIMA, Ken TANIWAKI, Analyzing Farm Work Faults Using the Reliability Engineering Method, Proceedings of IS-ASAE, 181-185.2007（査読有り）

〔学会発表〕（計１件）

① 小林有一、加藤仁、竹倉憲弘、飯嶋渡、谷脇憲、鈴木一好．WCS収穫における不具合発生と期間作業負荷の実態．農業機械学会関東支部第 42 回年次大会,2006 年 7 月 8 日, 新潟コンベンションセンター

６．研究組織
(1)研究代表者
小林　有一（KOBAYASHI　YUICHI）
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム・主任研究員
研究者番号：10355513