

平成27年度
試験研究成績

農業機械の安全性に関する研究（第36報）

平成28年6月

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

ま え が き

農林水産省の調査によると、平成 26 年の農作業死亡事故件数は 350 件であり、3 年続けて同じ数値を示している。就農者人口の減少や就農者の高齢化を考えると、実質的な状況は深刻化していると捉えるべきであり、農作業安全確立に向けた取り組みに一層邁進する必要がある。今後も行政、教育、啓発、普及、研究・開発等の関係機関の一層の奮起が期待されるとともに、関係機関の一層緊密な連携により、現状を打開し、安心・安全な農作業環境を実現することが強く求められている。

生物系特定産業技術研究支援センター基礎技術研究部安全人間工学研究ならびに特別研究チーム（安全）では、これまで農業機械の安全性・快適性の向上や健康障害防止に向けたハード、ソフト両面の研究を行ってきた。4 月の組織再編に伴い、今後は安全人間工学ユニットとして引き続き積極的に関係機関と連携し、成果を広く発信するとともに、寄せられた情報をフィードバックして、安心・安全な農作業の実現に寄与する成果を世に送り出す所存である。

平成 27 年度は、次の 4 つの研究課題に取り組んだ。1 課題目は、「自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発」である。本課題は、先行課題で検討された作業者の危険部位への接近を感知する手法について、自脱コンバイン実機への適用を図るものであり、今年度は、緊急即時停止装置を備えた自脱コンバインに搭載した各センサおよび制御部を実際の手こぎ作業に供試し、センサ取付け位置や検出の安定性、誤検出の有無等の結果を踏まえて改良を加え、課題を取りまとめた。

2 課題目は、「農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究」である。先行各課題で検討した農業機械事故の詳細調査・分析手法を用いて、乗用トラクタ及び刈払機事故に加えて、新たに歩行用トラクタ事故についても調査・分析を行い、事故要因を明らかにすることを目的としており、今年度は、引き続き詳細調査を実施するとともに、従前の調査手法による事故データに対する新たな分析手法を検討した。さらに、農業機械事故の判断・分類のための資料を整備した。

3 課題目は、平成 26 年度「歩行用トラクタの事故防止に向けた実態調査」を踏まえた新規課題「歩行用トラクタの危険挙動に対する安全技術の開発」であり、各種安全装置の安全性向上技術や、ダッシング等の突発的な挙動を検出する手法の開発が目的である。今年度は、ハンドル操作力や突発的挙動時の加速度等の基礎データの測定方法と、安全性向上技術や突発的挙動の検出方法を検討した。

4 課題目は、新規課題「乗用農機の安全支援機能の開発」である。大規模法人経営やコントラクタでは、農業以外から雇用したオペレータも多く、事故のリスクは経営リスクにもつながる。一方、高齢者が多い家族経営では、発見が早ければ救命できたと思われる事故事例も少なくない。そこで、大規模法人経営やコントラクタに普及しつつある作業・営農支援システムに付加できる安全支援機能と、高齢農業者の使用も多い旧式の乗用農機にも後付け可能な安全支援装置の開発を目的としている。

「農業機械の安全性に関する研究」では、研究途上であっても成果の一端を公開することによって、農業機械メーカーや作業技術研究者等に有効利用されるよう、昭和 51 年度より速報としてとりまとめている。この成績書がさらなる農業機械・農作業の安全性・快適性向上の一助となれば幸いである。

なお、研究の実施にあたっては、多くの方々の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

平成 28 年 6 月

(国研) 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・環境工学研究領域安全人間工学ユニット
(平成 27 年度まで：生物系特定産業技術研究支援センター
基礎技術研究部安全人間工学研究／特別研究チーム（安全）)

農業機械の安全性に関する研究（第36報）

目 次

まえがき

1. 自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発	1
2. 農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究	7
3. 歩行用トラクタの危険挙動に対する安全技術の開発	19
4. 乗用農機の安全支援機能の開発	23

1. 自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発

基礎技術研究部 安全人間工学研究

岡田俊輔、積 栄、松本将大

[摘要] 自脱コンバインは、手こぎ作業中に手や指が脱穀部に巻き込まれ、重傷に至る事故が多い。そこで、生研センターで開発した磁気センサと磁性体を用いた作業
者判別技術を適用し、手こぎ作業時の巻き込まれ事故を未然に防止する技術を開発
する。今年度は、制御部等を改良して安全性を向上するとともに、実際の手こぎ作
業時の試験を通して磁気センサの取付け位置や安定的な検出、誤検出の有無等を検
討し、必要に応じて改良を加えた。制御部の主な改良点として、安全性や作業性を
考慮し、複数回連続して検出用手袋が検出された場合は、フィードチェーンの停止
に加えて、エンジンも停止することとした。また、試作手袋の作業性を向上するた
め、天然ゴムの塗布面を減らすことで柔らかさを確保した。これらを用いて、実作
業試験を行った結果、被験者の主観評価では作業性の悪化もなく、試作した手袋の
使用感についても軍手と同等との回答を得た。また、実作業においてもノイズの上
昇要因は認められず、試作装置の確実な動作を確認した。これらの結果を踏まえて、
改善点や開発技術の留意点を整理し、課題を取りまとめた。

1. 目 的

巻き込まれ事故を防止するため、一般的には物理的な隔離やセンサによる可動部停止といった対
策が施されるが、農業機械ではこれら既往の技術を適用することが困難な場合があり、その代表例
として自脱コンバインの手こぎ作業が挙げられる。この対策として、脱穀部に非常停止ボタンが装
備されており、一定の事故軽減効果が認められるものの、操作の遅れ等が発生した場合は、完全に
事故を防止することはできない。また、過去の調査によると、7割の農家が手こぎ作業は今後も必
要と回答しており、今後も事故防止に取り組む必要がある。生研センターでは、先行課題「巻き込
まれ事故防止のための作業判別技術の開発」において、磁気センサを利用し、磁性体を付加した
手袋等を検出することで、供給中の作物等と作業者の手等を非接触で判別し得る可能性を見出した。
また、農業機械等緊急開発事業（緊プロ）により、非常停止ボタンを操作すると、フィードチェー
ンが即時停止し、こぎ胴カバーあるいは挟やく桿が開放する装置を開発した。そこで、この作業
判別技術および即時停止装置の技術を用いて、自脱コンバインにおける手こぎ作業時の巻き込ま
れ事故を未然に防止する技術を開発する。

今年度は、制御部等を改良して安全性を向上するとともに、実際の手こぎ作業時の試験を通して
磁気センサの取付け位置や安定的な検出、誤検出の有無等を検討し、必要に応じて改良を加え、課
題を取りまとめる。

2. 方 法

1) エンジンはなるべく停止させない等、作業性を維持しつつ安全性を向上すべく、制御部を改良
した。

2) 昨年度試作途中であった検出用手袋は図1の通りである。市販の耐切創手袋の鉄チェーン部分
をプラスチック磁石に変更し、それ以外の天然ゴムの塗布等は市販の耐切創手袋に準拠した。貼
付したプラスチック磁石は、昨年度利用可能性を見出した希土類系の2×3mm、表面磁束密度148
mT、断面の短辺方向に着磁したものを、手の甲側に人差し指から小指までそれぞれ1本ず

つ貼付した。

この手袋を着用してムギの手こぎ作業を行い、危険部位への接近に応じて適正な停止をするか、危険が生じない位置でも過敏に検出しないか目視にて確認した。加えて、試験終了後、手こぎ作業に支障はないか、手袋の使用感や、その他改善点等について聞き取りを行った。また、昨年度までは、無負荷で脱穀部を動作させ、その時の金属部品の動作や振動による磁気センサの信号（以下、ノイズという）を測定し、手袋検出の可否を評価していた。従って、実作業時に作物の通過等によるノイズの上昇要因がないか確認する必要があった。しかし、手袋を着用した条件では、手袋の接近による信号と、ノイズによる信号の区別ができない。そこで、手袋を着用しない試験区も設け、ノイズの上昇要因が無いか確認した。加えて、全試験区を通して、誤停止等の誤動作がないか確認した。被験者は5名（附属農場職員3名、研究員2名）で、供試したムギの条件は表1の通りとし、ムギの供給方法は各被験者が普段行っている作業と同じとした。1試験区あたりのムギ供給量は、ベース機の取扱説明書を参考に、自脱コンバインが旋回時に必要な推奨隅刈り面積一隅相当のムギワラ 12kg 程度とし、1試験区当たりの作業時間は2～5分程度であった。この試験を、これまで利用を検討している磁気センサである、磁心コイルと磁気インピーダンスセンサ（MI センサ）について同様に行った。

表1 ムギの実作業試験時の
ワラ条件（1試験区あたり）

供給量	12kg(15m ² 相当)
手こぎ時間	2～5分程度
含水率	10%
草丈	72cm
品種	サトノソラ



図1 試作した検出用の手袋

表2 イネの実作業試験時の
ワラ条件（1試験区あたり）

供給量	18kg(10m ² 相当)
手こぎ時間	2～5分程度
含水率	51%
草丈	90cm
品種	朝の光

- 3) 2. 3) のムギの実作業試験での被験者の改善要望を踏まえて、制御部や手袋を改良した。
- 4) 2. 3) の改良を加えた制御部および手袋を用いて、イネの手こぎ実作業試験を行なった。被験者数は、附属農場職員3名、研究員3名、兼業農家1名、学生1名の8名とし、その他の試験方法は、概ね2. 2) と同様とした。イネの作物条件は表2の通りである。

3. 結果の概要

- 1) 非常停止ボタンの操作時と同様に、手袋が検出される度にエンジンが停止すると、その再始動による作業性の悪化が懸念された。そのため、昨年度は手袋が検出された時にエンジンは停止せず、フィードチェーンだけが即時停止し、2秒後に再始動することとした（図2a）。これにより危険部位から手を遠ざけることで、すぐに作業を再開できる反面、服等がフィードチェーンに絡まって手が引き抜けない場合等は、再始動すると巻き込まれ事故が起きる恐れがあった。そこで、フィードチェーンの再始動前に手袋の有無を確認し、再び手袋が検出された場合、エンジンを停止するとともに、こぎ胴カバーがわずかに開くこととした。また、本技術は検出用の手袋を使用

しないと全く効果を発揮しないことから、その未使用を防止するため、手こぎ作業開始前に手袋を磁心コイルに近づけ、その着用を確認しないと、フィードチェーンが始動しないこととした(図2b)。なお、今年度はプログラムの変更のみを行い、制御部の電子部品の構成は昨年度とほぼ同様とした。

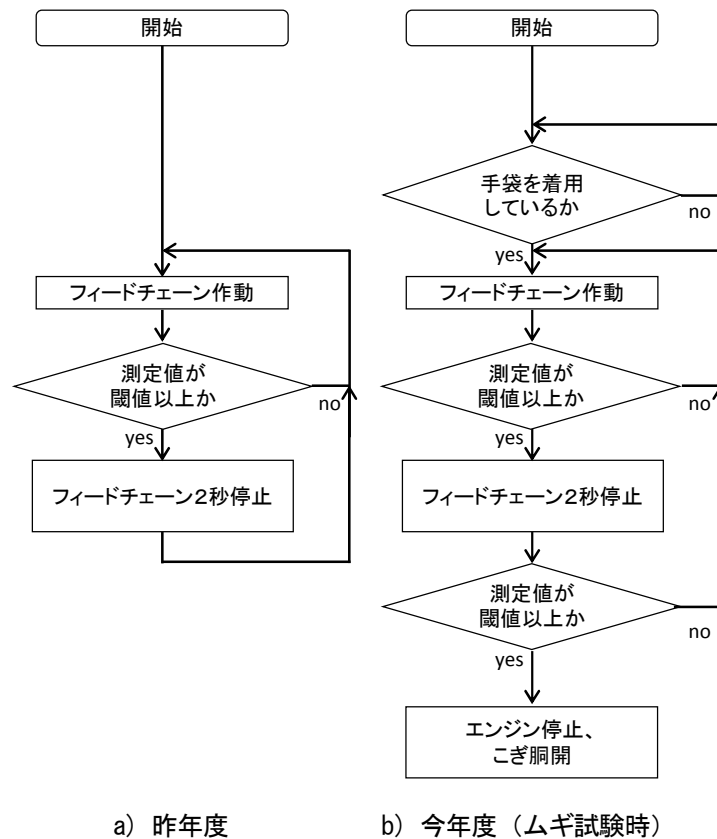


図2 主な制御の流れ

2) 手こぎ作業中は、磁心コイル、MI センサいずれもノイズによる誤停止がなく、かみこみ点付近への手の接近に応じてフィードチェーンが停止した(表3、4)。聞き取りでは、概ね作業性は悪化しないとの回答が得られた。巻き込まれ部位近くに手を接近させて作業する傾向の被験者については、普段どおりとはいかず作業しにくくなるが、慣れれば許容できると回答した。その他改善要望として、また、なぜフィードチェーンが停止したのかわかりにくい、できるだけエンジンは停止して欲しくないといった意見が挙げられた。

実作業中のノイズについては、各被験者で最大、最小値のばらつきが認められたものの、閾値の設定根拠となった標準偏差については、いずれもほぼ同じ値となった。しかし、初期電圧については、それぞれ差が見られ、全体的に初期電圧の+2.5V からオフセットする現象が認められた。加えて、試験前の動作確認中に巻き込まれ部位への接近前に、フィードチェーンが誤停止する現象が確認された。これらの原因は、周囲温度の変化によって初期電圧が設定値からドリフト(温度ドリフト)したためと考えられた(図3)。

手袋については、てのひら側に塗布された天然ゴムが硬く(ベースとした耐切創手袋では、釘などの突き刺し防止のために塗布されている)、作業しにくいという指摘が多く挙げられた。

表3 実作業試験時の停止動作回数
(ムギ、磁心コイル)

被験者	FCのみ	エンジン停止
安全研A	0	1
安全研B	4	0
農場職員E	0	0
農場職員F	5	0
農場職員G	5	1

※FC: フィードチェーン

表4 実作業試験時の停止動作回数
(ムギ、MI センサ)

被験者	FCのみ停止	エンジン停止
安全研A	4	1
安全研B	7	0
農場職員E	1	0
農場職員F	11	0
農場職員G	2	2

※FC: フィードチェーン

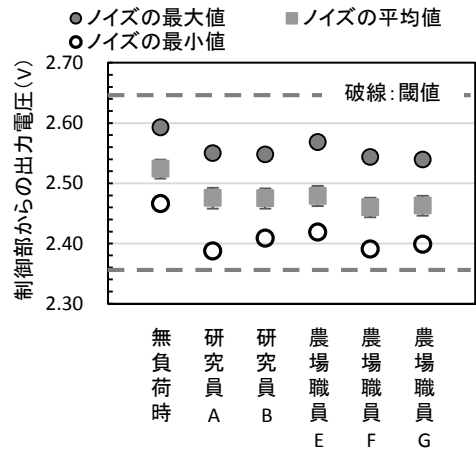


図3 無負荷時と手こぎ作業時の磁心コイルノイズ
(ムギの手こぎ作業、フィードチェーン側面)

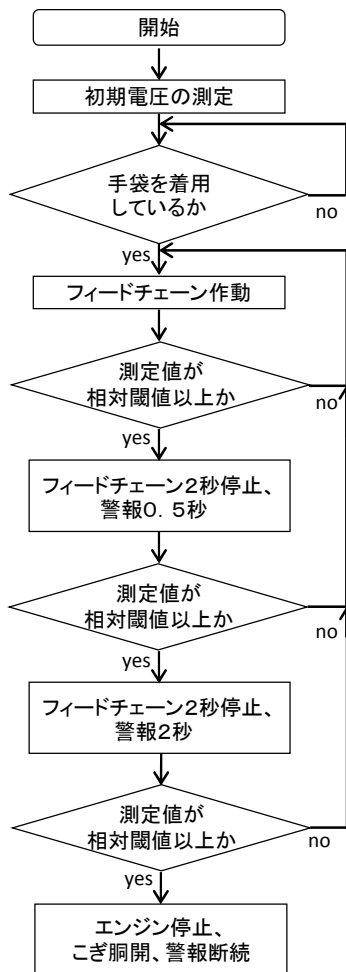


図4 主な制御の流れ
(イネ試験時)

3) 制御部の改良として、手袋が検出されたことが明確にわかるよう、フィードチェーンが停止するとともに短く一度警報を鳴らすこととした。また、なるべくエンジンを停止させないようにするため、フィードチェーン再始動前に手袋が検出された場合、さらにフィードチェーンの停止を維持しつつ2秒間警報を鳴らし、それでも作業者が検出された場合にエンジンが停止することとした。加えて、温度ドリフト対策として、制御部の動作開始直後に初期電圧を測定し、それを基準に相対的な閾値を設定することとした(図4)。なお、MIセンサについては、さらなるノイズ低減のためローパスフィルタを追加し、閾値の見直しを行った。

手袋の改良として、指先と手の甲側の手首付近については、磁石剥がれ防止のために天然ゴムを塗布し、この部分以外でのひら側の天然ゴムの塗布を廃することで柔らかさを確保し、作業性の向上を図った(図5)。また、改良前の試作手袋は、親指を除く4指にプラスチック磁石を貼付したが、改良後は親指も含めた5指への貼付とした。



図5 改良した試作手袋

4) 磁心コイルについては、3. 2)と同様に良好に動作し、作業性の悪化がないとの意見が多かった。しかし、MIセンサについては、ローパスフィルタの追加による閾値の再調整が不足し、フィードチェーンの停止が頻発したため、わずらわしいといった意見が挙げられた(表5、6)。エンジンの停止を避けるための制御追加については、概ね好評であった。実作業時のノイズについては、ムギ、イネ試験を通して無負荷での試験とほぼ同様であった(図6)。手袋の作業性については、軍手とほぼ等しく作業しやすいといった意見が挙げられた。

改良点・問題点として、フィードチェーンの始動方法がわかりにくいので、手こぎ開始ボタンのようなものを設けるべきという意見が挙げられた。磁心コイルについては、温度ドリフト補正のための初期電圧を測定している時に、手こぎ開始動作のために磁心コイルに手袋を接近させたことから、基準が大きくなることがあった(図6学生D)。これらの改良点・問題点については、手こぎ開始ボタンを設けることで対処可能と考えられた。MIセンサについては、その近傍に手袋が接近した場合に最大出力値を越えたままとなる問題を改善することができなかった。

表5 実作業試験時の停止動作回数
(イネ、磁心コイル)

被験者	FCのみ	警告2秒までエンジン停止
安全研A	0	0
安全研B	0	0
安全研C	1	0
学生D	3	0
農場職員E	1	0
農場職員F	1	0
農場職員G	0	1
兼業農家H	2	0

※FC: フィードチェーン

表6 実作業試験時の停止動作回数
(イネ、MIセンサ)

被験者	FCのみ	警告2秒までエンジン停止
安全研A	5	0
安全研B	4	0
安全研C	4	1
学生D	0	0
農場職員E	2	0
農場職員F	5	1
農場職員G	9	0
兼業農家H	6	1

※FC: フィードチェーン

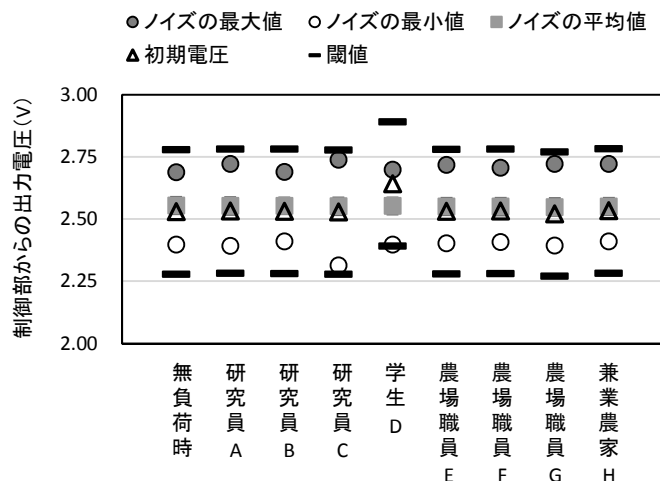


図6 無負荷時と手こぎ作業時の磁心コイルノイズ
(イネの手こぎ作業、フィードチェーン側面)

4. 開発技術の留意点

磁石を使用した技術のため、心臓ペースメーカーや機械式時計など磁気に弱い精密機器に影響があり、使用を避ける必要がある。また、作業中の手の検出を前提としており、適用したセンサの原理上、静止した手は検出できない。

5. 残された問題とその対応

手こぎ開始ボタンの増設など、一部改良すべき点が残された。今後は、磁気センサを用いた安全関連要素技術として情報発信するとともに、他機種等へのさらなる応用の可能性について検討する。

6. 謝辞

MI センサの評価については東京農業大学の河希明氏のご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

7. 引用・参考文献

- 1) 評価試験部、農業機械の事故実態に関する農業者調査結果（第2報）—自脱型コンバイン及び運搬車寮、1-37、生研センター、2008
- 2) 岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発、生研センター試験研究成績 22-3 農業機械の安全性に関する研究（第31報）、7-18、生研センター、2011
- 3) 岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発、生研センター試験研究成績 23-1 農業機械の安全性に関する研究（第32報）、1-10、生研センター、2012
- 4) 志藤ら、自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発、生研センター試験研究成績 24-1 農業機械の安全性に関する研究（第32報）、55-66、生研センター、2012
- 5) 岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発、生研センター試験研究成績 24-1 農業機械の安全性に関する研究（第33報）、1-10、生研センター、2013
- 6) 志藤ら、自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発、生研センター試験研究成績 24-1 農業機械の安全性に関する研究（第33報）、43-50、生研センター、2013
- 7) 岡田ら、自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発、生研センター試験研究成績 25-1 農業機械の安全性に関する研究（第34報）、1-5、生研センター、2014
- 8) 志藤ら、自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発、生研センター試験研究成績 24-1 農業機械の安全性に関する研究（第34報）、27-33、生研センター、2014
- 9) 岡田ら、自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発、生研センター試験研究成績 26-1 農業機械の安全性に関する研究（第35報）、1-6、生研センター、2015
- 10) 毛利、磁気センサ理工学、コロナ社、1998
- 11) Harry E. Burke、磁気現象ハンドブック、河本修監訳、共立出版、1995
- 12) 小塚、電気磁気学その物理像と詳論、森北出版、1998
- 13) 後藤・山崎、詳解電磁気学演習、共立出版、1970
- 14) Tumanski、Handbook of Magnetic Measurements、CRC Press、2011
- 15) Kitchin、アンプ回路設計時の問題を回避するには、Analog Dialogue Volume 41 Number 2 & 3、2007
- 16) LT1167 データシート、Linear Technology、1998
- 17) 宮崎、細田、OP アンプ IC 活用ノート、CQ 出版、2008
- 18) 後閑、改訂版電子工作のためのPIC16F 活用ガイドブック、技術評論社、2004
- 19) 後閑、電子工作のためのPIC16F1 ファミリー活用ガイドブック、技術評論社、2013
- 20) 宮崎、細田、OP アンプ IC 活用ノート、CQ 出版、2008

2. 農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究

特別研究チーム（安全）

積 栄、岡田俊輔、松本将大、志藤博克

【摘要】対象3機種（乗用トラクタ、刈払機に加えて、本課題から歩行用トラクタ）の事故について、協力道県での詳細調査の継続とデータベース化を行った。これに加えて、一部道県での、詳細度は低いものの件数が多い従前の調査手法による事故データを活用すべく、ETA（Event Tree Analysis、事象の木解析）による新たな詳細分析手法を検討した。この方法を用いて、巻込まれ事故に対する分析を試行した結果、地域や年齢層により、巻込まれ事故の発生過程の傾向に違いがあることが明らかになった。本分析結果と詳細事故調査票や現地調査結果、関連情報をあわせて検証することで、より効果的な啓発方法の検討につながると考えられ、本手法の有効性が確認された。また、詳細調査の実施に伴い、国の事故調査実施要領のみでは判断や活用が難しい事事例が生じていることから、事故の判断・分類のための新たな資料を作成した。

1. 目的

農作業事故の発生要因を究明し、対策につなげるためには、現場状況の詳細な調査が必要である。国による農作業死亡事故調査では、全国的な傾向は把握できるものの、発生状況の詳細が不明であり、また負傷事故の体系的な調査は行われていない。このため生研センターでは、2011年度から独自に事故調査を行っている道県と連携し、乗用トラクタ及び刈払機を対象に、より詳細な事故データを収集するとともに、適切な調査項目及び分析手法を確立した。しかし、全ての事故形態に対する詳細分析や、地域別の詳細分析には、これまでの調査期間のみでは詳細調査件数が十分とは言えず、両機種とも継続的な詳細調査・分析が必要である。また、地域によっては乗用トラクタ及び刈払機以外の機種における事故も多く、詳細調査・分析の他機種への展開も期待されている。特に、歩行用トラクタについては、構造や使用形態が多様であり、事故との因果関係も大きいと考えられるが、重大事故が多いにもかかわらず、既存の各種調査では不明な点が多い。

そこで、これまでの乗用トラクタ及び刈払機における詳細調査・分析を引き続き実施するとともに、歩行用トラクタについても新たに詳細調査・分析を行い、各機種について事故要因を明らかにする。また、詳細調査・分析結果をデータベース化し、地域・年齢別、環境条件別等、様々な視点から集計、整理することで事故対策の資料を得る。

平成 27 年度は、引き続き詳細調査及びデータベース化を実施するとともに、従前の調査手法による事故データもさらに活用すべく、新たな分析手法を検討し、詳細分析を試行する。また、協力道県における事故の判断・分類の参考となる新たな資料を整備する。

2. 方法

- 1) 対象3機種の事故について、協力道県での詳細調査および詳細分析に向けたデータベース化を行った。
- 2) 一部の道県では、市町村や農協、アンケート等から負傷事故も調査し、詳細度は低いものの件数が多い事故データが得られている。先行課題で構築されたFTA（Fault Tree Analysis、故障の木解析）を活用した詳細分析手法では、詳細調査票に示される詳細な調査項目が事故毎に確認されていることが前提となっているため、当該データを活用するための新たな詳細分析手法を検討

した。

- 3) 2) で検討した手法を用いて、該当する事故データから巻込まれ事故の分析を試行した。対象データとして、道県 A における 2010～14 年の 223 件、道県 B における 2006～14 年の 31 件を用いた。なお、負傷事故のうち、負傷内容が明確なデータについては、各部切断、骨折、失明のほか入院を伴う各種事故を重傷事故とみなし、記述からは負傷内容が判断しがたい場合は、各道県による重傷・軽傷の分類を採用することとした。
- 4) 詳細調査の実施に伴い、農林水産省「農作業事故調査（死亡小票調査）要領」のみでは、道県での事故の判断・分類（農作業事故に該当するかどうか、機種、事故形態等をどのように分類するか）が難しい事例が生じていることから、協力道県における事故の判断・分類の参考となる新たな参考資料を整備した。

3. 結果の概要

- 1) 昨年度の詳細調査結果として、乗用トラクタ 35 件（累積 155 件）、歩行用トラクタ 7 件（同 7 件）、刈払機 4 件（同 22 件）が得られたが、過去の詳細分析結果や分析項目に影響を及ぼす追加件数には至らず、継続的な調査の必要性が認められた。平成 27 年度分の詳細調査結果、及び各調査票の改良要否の意見等については、現在各協力道県から収集中である。

- 2) これまでは分析手法として、機種・事故形態別に、根本的な事故要因に至るまで枝分け、考察する FTA を用いてきた（平成 23～26 年度試験研究成績を参照）が、各事故調査結果が詳細であることが前提となり、方法 2) で述べたデータは適用できなかった。これらのデータにおいては、負傷事故の情報が多く含まれるほか、負傷内容や度合が把握できるものも多く、有効に活用できれば、死亡・重傷事故が多くを占める詳細調査データとは異なる新たな知見を得られる可能性があると考えられた。

FTA はひとつの事故事象から根本的な事故要因に枝分けするが、一方で、様々な事故事象に共通の要因（例：可動部近くで作業）が存在する場合もある。そこで、FTA とは逆に、ある要因（初期事象）から事故（負傷度合も含めた最終事象）に至る様々な過程を枝分けする ETA（Event Tree Analysis、事象の木解析）を用い、それぞれの発生頻度を見ることで、方法 2) のデータの活用を試みることにした。

- 3) 分析結果を図 1 に示す。Ea～Ed（①主にカバー非装着）、Ee・Ef（②主に点検清掃等の際に可動部非停止）、Eg・Eh（③作業上カバーや停止ができず、安全距離の確保のみ）に対しては、それぞれ B2（カバーの有無）、B4（可動部停止の有無）、B5（身体や着衣の可動部への接触の有無）が、事故防止の主要な分岐点となっていた。

道県 A、B の事故データを各最終事象に分類した結果、死亡・重傷事故においては、道県 A では Ef が 71% を占めたのに対して、道県 B では Eh も Ef と同程度に多く、地域による違いが確認された。理由として、主に作付けによる機械の違いによるものと推察された。

さらに年齢層別（道県 A については 5 段階、道県 B については 2 段階）に農業就業人口あたり事故件数を求めた結果、道県 A では、70 歳以上では各事象とも事故が少なく、逆に 39 歳以下で②や③の事故が多かったことから、特に後者の年齢層に対しては、可動部停止（図 1 の B4）や安全距離の確保（同 B5）に重点を置いた啓発が必要と考えられた（図 2）。なお、死亡・重傷事故の割合（分岐は同 B6）は年齢層間で大きな差はなかった。道県 B についても、②では 70 歳以上より 69 歳以下の事故が多く、道県 A と同様の傾向と考えられたが、③については道県 A ほど年齢層間での違いがなく、この点でも地域による違いが確認された（図 3）。

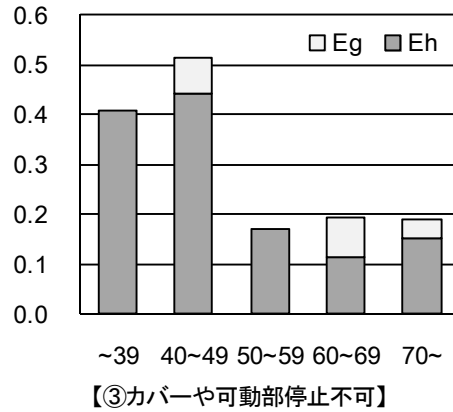
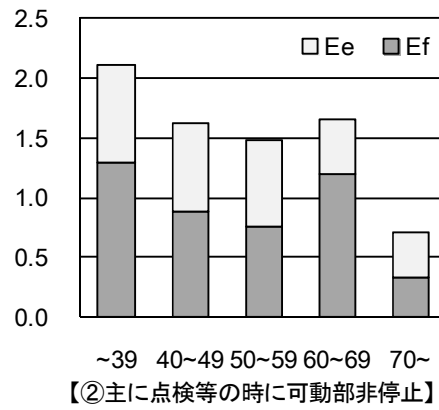
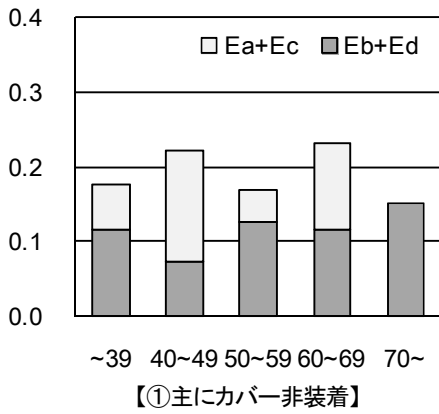
これらの新たな知見と、詳細事故調査や関連情報をあわせて検証することで、地域性を踏まえ

た、より効果的な啓発方法が検討可能と考えられ、従来手法と本手法の併用による、さらなるデータ活用と分析結果の充実化の見通しを得た。

初期事象	作業上のカバー装着可否		カバールの有無	作業上の可動部停止可否	可動部停止の有無	身体や着衣の可動部への接触の有無	接触または動力の度合	最終事象	該当事故件数		主要内容	
	B1	B2							B3	B4		B5
E0	B1	B2	B3	B4	B5	B6			道県A ('10-14)	道県B ('06-14)		
可動部の近くで作業	可	有	可	有	有	小	Ea	2	0	① 主にカバーが付けられる作業にもかかわらず非装着であったもの		
	可	有	可	有	有	大	Eb	5	0			
	可	無	否	無	有	小	Ec	5	0			
	可	無	否	無	有	大	Ed	8	1			
	否	有	可	有	有	小	Ee	63	2	② 主に点検・調整・清掃・着脱時に、可動部の停止が求められるにもかかわらず停止していなかったもの(作業中の詰まり除去等も含む)		
	否	有	可	有	有	大	Ef	92	13			
	否	無	否	無	有	小	Eg	4	1			
	否	無	否	無	有	大	Uh	24	11			
								(不明)	20	3		
								(総数)	223	31		

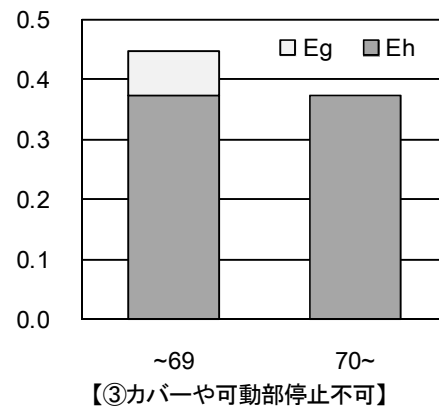
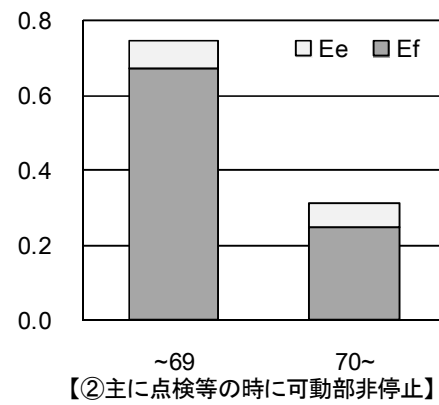
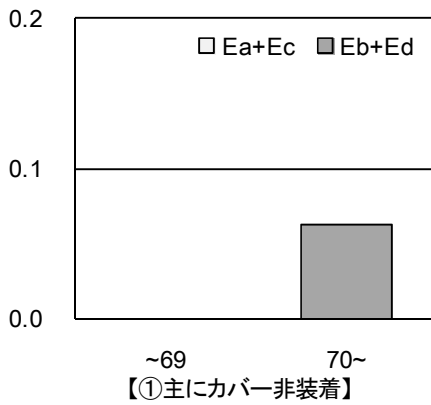
事故調査方法…(道県A)市町村や農協、関係団体からの報告を集約(道県B)集落毎のアンケート調査
 ※調査方法の違いにより、特に負傷事故について調査の網羅性に差がある

図1 道県A、Bにおける巻き込まれ事故のETA結果



縦軸: 該当事件数/農業就業人口(件/千人) 横軸: 年齢層(歳) ※Ea~Eh、①~③は図1を参照

図2 道県Aにおける巻込まれ事故の年齢層別比較



縦軸: 該当事件数/農業就業人口(件/千人) 横軸: 年齢層(歳) ※Ea~Eh、①~③は図1を参照

図3 道県Bにおける巻込まれ事故の年齢層別比較

4) 新たな参考資料では、本研究における農作業事故の基本的な判断・分類基準とともに、各道県におけるこれまでの判断・分類の事例集も示すことで、各道県での今後の判断・分類の一助となるように構成した（各道県独自の判断・分類基準を否定するものではない）。収集された判断・分類事例のうち、公表可とされたものについて、一部を表に示す。本研究における農作業事故の基本的な判断・分類基準については、章末【参考】に示した。なお、内容については適宜見直すこととしている。

表 道県における農作業事故の判断・分類事例（一部抜粋）

	事故概要	検討を要した理由	道県での検討結果
	酪農家が乗用トラクタで走行中、走行中の自転車と衝突し、自転車の女性が死亡	路上の交通事故のため、農作業事故にあたるかどうか	牛舎と堆肥舎の移動中であったことから、農作業中の事故と判断
農作業事故とするか否かの判断に検討を要した事例	トラックの運転席ドアを開けながらあぜ道を後退中、後輪が側溝に落ち、衝撃で車外に投げ出され、後退してきたトラックのドアと法面に挟まれて死亡	トラックからの転落であり、交通事故か、農作業事故か	直前に休耕田で草刈をしている姿を目撃されていたことから、農作業事故と判断
	カントリーエレベータの穀殻庫内に転落し、窒息により死亡	農業施設内の転落事故のため、施設管理上の事故か、農作業事故か	梅園に散布するために穀殻をトラックに搬出中の事故だったことから、農作業事故と判断
農作業事故としての分類に検討を要した事例	土壌を耕起中、プラウに土がついてしま、足で蹴って土を落とそうとしたら、プラウのどがった部分に突き刺さり負傷	機種の分類を乗用トラクタとすべきか、その他とすべきか	その他に出来るだけ分類しないとの判断から、作業機が原因であっても乗用トラクタに分類(※)
	果樹園で農業散布車の下敷きになり死亡	機械からの転落とすべきか、機械によるひかれとすべきか	現場の状況から、運転中に操作を誤って運転席から転落し、車の下敷きになったものと判断し、機械からの転落に分類

※本研究では、複数の機械が関与した場合は、基本的に事故に最も関連する取扱をされていたものを選択することとしており、プラウでの事故に分類。
資料本体では、道県による判断・判定事例に、本研究における判断・分類基準による判断・分類結果も併記する予定。

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

各機種とも事故の詳細調査データを引き続き蓄積する必要があるとあり、協同道県と連携してこれに取り組み、今年度検討した新たな分析手法も活用しながら分析結果を充実させる。また、調査票の改良についても引き続き検討を行う。

これらの研究結果を取りまとめ、今後の農業機械事故の調査・分析の進展に向けた課題を整理する。

5. 謝 辞

事故データ収集及び詳細事故調査の実施にあたっては、北海道、青森県、岩手県、福島県、茨城県、群馬県、埼玉県、長野県、岐阜県、滋賀県、鳥取県、熊本県、鹿児島県におけるご担当の皆様にも多大なるご協力をいただいた。研究を進めるにあたっては、(独)製品評価技術基盤機構、(一財)日本科学技術連盟、宇都宮大学の田村孝治先生、松井正実先生、信州大学の内川義行先生から、ご指導や資料、情報のご提供をいただいた。現地調査では、北海道、福島県、鹿児島県の関係各位からご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

6. 引用・参考文献

1) JIS C 5750-4-4:2011、ディペンダビリティ マネジメントー第4-4部：システム信頼性のた

めの解析技法－故障の木解析（FTA）

- 2) 経済産業省、リスクアセスメント・ハンドブック実務編、経済産業省、2011
- 3) 日科技連R-Map研究会、R-Map実践ガイドンス、日科技連出版社、2004
- 4) 日科技連R-Map実践研究会、世界に通用する製品安全リスクアセスメント(シリーズ1～4)、日科技連、2014
- 5) 積栄ら、乗用トラクタおよび刈払機事故の詳細調査・分析手法の研究、平成23年度試験研究成績23-1 農業機械の安全性に関する研究（第32報）、31-37、生研センター、2012
- 6) 積栄ら、農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究、平成24年度試験研究成績24-1 農業機械の安全性に関する研究（第33報）、11-31、生研センター、2013
- 7) 積栄ら、農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究、平成25年度試験研究成績25-1 農業機械の安全性に関する研究（第34報）、7-13、生研センター、2014
- 8) 積栄ら、農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究、平成26年度試験研究成績25-1 農業機械の安全性に関する研究（第35報）、13-22、生研センター、2015

【参考】

革新工学センターの事故調査・分析研究における農作業事故の基本的な判断・分類基準

1) 農作業事故の定義

要領で定義の土台となっている「農業生産活動」の現実的な線引きは難しく、一方で、農業機械や施設、農業でよく使われる用手具を使って農業生産活動以外の作業を行っていた中での事故も、その原因については、類似の農作業事故の対策にも参考になる可能性は高い。そこで、革新工学センターの事故調査・分析研究においては、農作業事故の定義は要領とほぼ同一としつつ、事故調査の対象作業の最大範囲を定めることとした。（「最大」としたのは、以下に示す範囲全てを網羅できなくとも、まずは可能な範囲から農作業事故調査に取り組むことが重要であることから、努力目標として位置付けるためである。）

農作業事故の定義

- ・農作業事故は「農業生産活動に伴う一切の作業中に発生した事故」と定義する。
- ・明らかに家庭菜園（ホビー農業）の範疇にある場合を除き、自家消費用の作付にかかる事故も含む。（特に農業者による作付の場合は、営農の延長線上にあるとみなす）
- ・被害者、加害者が農業者であるかどうかは問わない。
- ・ひとつの事故の経過のなかで複数の被災者がいる場合は、事故件数は1件とみなし、被災者数と各々のプロフィールは別途記録・集計する。

事故調査の対象作業の最大範囲

- ・ほ場や施設内等の農業生産現場における農業生産に直結する作業（狭義の農作業）
例：耕うん整地、播種、育苗、植付、施肥、防除、収穫、運搬、飼養管理等
- ・市場までの出荷に伴う作業
例：調製加工、乾燥、貯蔵、選果、梱包、運搬等
- ・農業生産や生産現場管理にかかる移動
例：生産現場までの往復、ほ場や用水路の見回り等
- ・作物残渣や糞尿等の回収、処理に伴う作業
- ・農業生産現場および付随する周辺構造物の維持管理
例：畦畔草刈、用水路等清掃、農道やほ場進入路の整備、障害物撤去、農業用建屋除雪等
- ・農業生産資材の調達、運搬、取扱、廃棄等
- ・農業機械、農業施設、農業用手具の点検、整備、清掃等
- ・農業生産活動以外での農業機械、農業施設、農業用手具の使用（調査の結果判明した場合）※
※農業機械、農業施設、農業用手具での事故で、詳しい調査の結果、農業生産活動中には該当しないと判断された場合は、農作業事故としては件数に入れないが、機械・施設・用手具ごとに危険性や対策を考察する場合等には参考となり得るため、情報としては収集・保持する。

2) 農作業事故の分類

要領では「事故の状況」（事故形態）では、大きく「農業機械作業」「農業用施設」「機械・施設以外の作業」に分け、それぞれに事故形態の分類を設定しているが、複数の機械や施設、用手具が関わる事故ではどれに分類すべきか必ずしも明確でない場合や、そもそも関与物が機械か施設かの判断が難しい場合がある。また、複数の事故形態が時系列または同時に発生した場

合に、どの分類とすべきかについても、必ずしも明確でない。そこで、本研究では、まず農業機械作業／農業用施設作業／機械・施設以外の作業に係る事故に対する考え方を大まかに定めた。その上で、機械／施設／機械・施設以外に共通した事故形態の分類方法を整理するとともに、事故形態、機械・施設、場所のそれぞれについて、要領や厚生労働省「労働災害分類の手引き」を参考に、これまでの事故調査の蓄積や、負傷事故も対象とすることを踏まえて、項目を適宜追加・集約した上で、表に整理した。また、複数の分類が関与する場合の分類方法についても示すこととした。

農業機械作業／農業用施設作業／機械・施設以外の作業に係る事故に対する考え方

- ・農業機械作業に係る事故については、農業機械安全鑑定における対象機種を中心とした、いわゆる農業機械（表1）を対象とする。表1に記載されたもの以外でも、農業機械とみなすことが適切と考えられる場合は「その他」として、備考欄等に具体名を付記する。ここで、農業用施設に付帯する設備類で表1に含まれないものについては、動力によって作動し、可動部を有するものであり、かつ可動部に関連した事故形態である場合には、基本的に農業機械にかかる事故の対象として取り扱う。

例：バーンクリーナのコンベヤ部に指を巻込まれ→農業機械に係る事故に分類

- ・ただし、農業用施設に付帯する設備類に係る事故であっても、事故形態が設備類の可動部に直接関係しないものであった場合は、農業用施設に係る事故として取り扱う。このため、例えば穀物乾燥機のように、事故の内容によって機械作業に係る事故（例えばプーリへの巻込まれ）と施設作業に係る事故（乾燥機上からの転落）のどちらにも分類される機種もある。また、シャッターや換気扇等、施設における建設物自体の機能として設置されたものについては、可動部を有していても施設の一部とみなす。

例：ライスセンターの穀物乾燥機上で点検中に墜落→農業用施設に係る事故に分類

例：温風暖房機の配管につまづいて転倒→農業用施設に係る事故に分類

例：畜舎を清掃中、備え付けの換気扇に腕を巻込まれ→農業用施設に係る事故に分類

- ・農業用施設については表2に例示し、場所の分類にも用いる。表2に記載されたもの以外でも、農業用施設とみなすことが適切と考えられる場合は「その他」として、備考欄等に具体名を付記する。
- ・機械・施設以外の作業に係る事故のうち用手具については、主な起因物（例：高所からの転落に関して脚立やハシゴ、巻込まれに関して各種工具、刃部との接触に関してカマ等）を備考欄等に付記する。
- ・その他については、要領に基づいて整理する。

事故形態の分類

- ・代表的な事故形態および説明は表3のとおりとする。
- ・複数の事故形態が連鎖的に発生した場合は、基本的に事故の発端となったものを選択する。
 - 例：乗用トラクタが追突され、運転者が機械から転落→「追突・衝突され」に分類
 - 例：自脱コンバインが転落し、補助作業者が挟まれ→「機械の転落・転倒」に分類
- ・ただし、人の転倒、人の転落（機械や施設から）、熱中症を含む体調や既往症の悪化、その他作業中の怪我・病気、昆虫や獣類等については、それら自体が事故の発端であっても、その

後に発生した事故形態の方が受傷の主因であれば、後者に分類する。ただし、備考欄等に事故の発端となった事故形態についても付記する。

例：刈払作業中に転倒、刈刃で足を切創→「刃部との接触」

例：乗用トラクタの運転席から転落、後輪にひかれて圧死→「ひかれ」

例：田植機運転中に熱中症となり、正常に運転できず壁に衝突→「追突・衝突」

例：畦畔を草刈中にハチに刺され、慌てて追い払っていて転落→「人の転落（畦畔から）」

- ・ 用手具に係る事故については、主な起因物の名称（例：高所からの転落に関して脚立やハシゴ、巻込まれに関して各種工具、刃部との接触に関してカマ等）を備考欄等に付記する。
- ・ 「家畜による被災」、「昆虫や獣類による被災」については、起因物となった家畜、昆虫、獣類の名称を備考欄等に付記する。

機械・施設等の分類

- ・ 代表的な機械・施設等と説明は表1～2のとおりとする。
- ・ 複数の機械・施設・用手具等が関与して事故が発生した場合は、基本的に事故の発端となったもの（事故に最も関連する操作・取扱いをされていたもの）を選択する。乗用トラクタ、歩行用トラクタ等の附属作業機についても、基本的に同様に扱う。

例：軽トラックに乗用トラクタを積み込み中に機械が転落→乗用トラクタ事故（操作側）

例：歩行用トラクタのロータリに巻込まれ→歩行用トラクタ事故（操作側）

例：乗用トラクタのロータリの爪を交換中にぶつけ→その他（ロータリ）事故（取扱側）

例：乗用トラクタのトレーラに自動車を追突→乗用トラクタ事故（操作側）

ただし、乗用トラクタおよび歩行用トラクタに装着された作業機が関与した事故で、乗用トラクタおよび歩行用トラクタに分類された場合は、備考欄等で作業機名も付記する。

- ・ トラクタ、草刈機以外の自走式の機種で、例えば農用運搬車のように乗用型、歩行型、兼用型が混在するものについては、備考欄等でその点も付記する。（トラクタ、草刈機は表1において機種名で分類）
- ・ 例えば各種ハーベスタのように、トラクタけん引式、自走式が混在する機種については、備考欄等でその点も付記する。
- ・ 例えば動力摘採機のように、動力噴霧機、動力散布機以外の機種で、手持式や自走式が混在するものについては、備考欄等でその点も付記する。

場所の分類

- ・ 代表的な場所と説明は表4のとおりとする。「その他」に分類される場合は、備考欄等に具体名を付記する。
- ・ 基本的に、事故形態の分類で選択された内容に至る条件が発生した場所を選択する。

例：乗用トラクタを運転中、農道から田へ転落→農道における事故

例：歩行用トラクタがほ場内で急発進し、ほ場外で転倒→ほ場における事故
- ・ 田、畑、樹園地、施設（ビニルハウス・ガラスハウス）の場合、可能な限り備考欄等で事故当時の作目も付記する。

表1 主な農業機械の分類と説明

機種名	(要領における名称)	説明
乗用トラクタ	乗用型トラクター	管理作業専用機、果樹園専用機、傾斜地専用機、および構造の主たる部分が土木建設、荷役又は運搬の用途に供するものを除く。
歩行用トラクタ	歩行型トラクター、 トラレーザ	所謂耕うん機、管理機、テラー等を含む。トラレーザをけん引して運搬用途に用いられるものや、作目にあわせて特殊仕様のものも含む。ただし、野菜移植用途のものは野菜移植機に、草刈用途のものは歩行用草刈機に分類する。
田植機	動力田植機	乗用型、歩行型を含む。施肥装置等の各種タッチメントを有するものを含む。
野菜移植機	その他	乗用型、歩行型を含む。単一作目の専用機も含む。
スピートスプレーヤ	動力防除機	果樹等の防除に用いる自走式のもの。乗用型、歩行型を含む。
動力噴霧機(背負式)	動力防除機	動力噴霧機で作業者が背負って運搬・作業するもの。
動力噴霧機(自走式その他)	動力防除機	自走式のほか、手押運搬用の車輪を備えたもの、トラクタ等他の機械で運搬するものも含む。
動力散布機(背負式)	動力防除機	動力散布機で作業者が背負って運搬・作業するもの。
動力散布機(自走式その他)	動力防除機	自走式のほか、手押運搬用の車輪を備えたもの、トラクタ等他の機械で運搬するものも含む。
バインダ	バインダー	穀しゆく類の結束装置付き動力刈取機。
動力脱穀機	動力脱穀機	穀しゆく類を脱穀する動力脱穀機で、フィードチェン等による自動東送込装置を有するもの(所謂ハーベスタ)。
豆用脱穀機	その他	豆類を脱穀する脱穀機で、投込み式のもの。
自脱コンバイン	自脱型コンバイン	主に水稲や麦類に使われ、刈り取った穀粒を保持して搬送し、穂先だけを脱穀するもの。
普通コンバイン	その他	水稲や麦類のほか豆類等にも使われ、刈り取った穀粒全体を脱穀部に供給するもの。ローレルベッタを有するものほか、所謂大豆コンバインも含む。
フォーレージハーベスタ	その他	牧草、青刈ともろこし(草取り専用機は除く)、ソルガム等の収穫に用いる飼料作物収穫機のうち、刈取り・拾い上げ、さい断、運搬車やコンテナへの吹上げの各機能を備えたもの。トラクタ装着式、自走式を含む。
ポテトハーベスタ	畑作物収穫機	掘り取りから収集搬送まで行うものほか、予乾(地干し)したバレイジョを拾い上げ収集搬送するもの(ピッカ)も含む。掘り取りのみを行うもの(ディガ)は除く。トラクタけん引式、自走式を含む。
ピートハーベスタ	畑作物収穫機	掘り取りから収集搬送まで行うもので、掘り取りの茎葉切除(タツピング)も行うものも含む。茎葉切除のみを行うもの(タツパ)は除く。トラクタけん引式、自走式を含む。
ビーンハーベスタ	畑作物収穫機	結束・収束を行わないもの(所謂ビーンカッタ)を含む。乗用型を含む。バインダに相当するものは除く。所謂大豆コンバインは除く。
ケーンハーベスタ	畑作物収穫機	所謂刈取機(自走式、トラクタ装着式)、全茎式収穫機(一般に自走式)、さい断型収穫機(一般に自走式)を含む。
動力摘採機	その他	茶葉を刈り取って収穫するもので、手持式、自走式(歩行型、乗用型)を含む。整枝・剪枝・裾刈専用機は除く。
刈払機	動力刈払機	肩掛又は背負式の草刈機で、刈刃として、金属製で一体(JIS刃、刃列を有するもの、往復動刃等)となったもの、金属製で超硬チップの付いたもの、ナイロンコードカッタ等の非金属製で線状のものを使用するもの。歩行用草刈機、乗用草刈機は除く。
歩行用草刈機	その他	自走式の歩行用モア(所謂芝刈機や畦畔草刈機も含む)のほか、手押用の車輪を備えたものを含む。
乗用草刈機	動力刈払機	自走式の乗用型のものであり、トラクタ装着式のものも除く(所謂乗用モア、乗用芝刈機)。
農用さい断機	動力カッタ	牧草、青刈飼料作物、ワラ、その他タバコ・桑・大豆等の残屑類、剪定枝等を切断する動力さい断機で、切断と同時に吹上げ等の搬送処理を行うもので、さい断中は原則として定置で使用するもの。所謂カッタ、チップ、シュレツダのほか、ローレルカッタ等も含む。
フォーレージプロワ	その他	牧草、青刈飼料作物、ワラ、その他残屑類の切断したものを、あるいは長ものを搬送するもので、原則として定置して使用するもの。
穀物乾燥機	その他	循環式の穀物乾燥機のほか、穀物の貯蔵も行う貯蔵乾燥式(連続送り式)のものも含む。据付にピット掘削等、施設専用としての工事を要するものも含む。
もみすり機	その他	ゴムロール式全自動もみすり機および簡易式であって選別装置を有するもの。
単軌条運搬機	その他	果樹園等の斜面に架設した単軌条に跨架して用いる運搬機で農用のもの。人が乗るものも含む。所謂モノレール。
農用運搬機	動力運搬車	農用資材及び農産物を運搬する自走式のもの。走行部の形状や数によらず、乗用型、歩行型、乗用型を含む。ほ場内のみ使用可能なもの、ほ場内および道路上で使用可能なものを含む。小型特殊車両の型式認定が可能なものも含む。
農用トラック	農用トラック	トラックに低速速度段、テフロック、オフロードタイヤといった農用の機能を付加したものが該当するが、これらの機能を有していない場合でも、専ら農作業に供していた場合はここに含む。トラックの大きさは問わない。
農用高所作業機	その他	果樹園における収穫作業等に使用される自走式のもので、昇降装置その他の装置により上下する作業台を有するもののうち、昇降、屈折、起伏および伸縮の動力として油圧を用いるもの。
その他	トラレーザ、その他	上述以外で農業機械としての分類が適当と認められるもの(できるだけ一般的な機種名を明記)。上述以外の各種トラクタ作業機も含む。
分類不能	—	分類するための情報が不十分な場合。

表2 主な農業施設の分類と説明

施設名	(要領における名称)	説明
作業舎	作業舎	専ら農作業を行う建屋。ただし、穀物乾燥や調整・出荷に特化した施設を除く。
格納庫	その他？	農機具や資材を格納するための建屋。作業舎と兼ねている場合は作業舎に分類。
穀物乾燥施設	作業舎？	穀物乾燥のほか、調整・貯蔵・出荷も含め、これらにほぼ特化した施設。ライスセンター、カントリーエレベータを含む。
調整・出荷施設	作業舎？	選果場等、穀物以外の作物の調整・出荷にほぼ特化した施設。飼料調整施設は除く。
ビニルハウス・ガラスハウス	ビニルハウス、ガラスハウス	作物生産を主な用途としたもの。
育苗施設		水稲や野菜の苗生産にほぼ特化した施設。育苗専用のビニルハウス、ガラスハウスは育苗施設を含む。
畜舎	畜舎	牛舎、豚舎、鶏舎等を含む。
サイロ	サイロ	タワーサイロ、スタックサイロ、バンカーサイロ等を含む。
飼料調整施設	作業舎？	飼料調整に特化した施設。
ふん尿処理・堆肥化施設	作業舎？	—
その他	その他	上述以外で農業機械としての分類が適当と認められるもの（できるだけ一般的な施設名を明記）。
分類不能	—	分類するための情報が不十分な場合。

表4 主な場所の分類と説明

場所名	説明
田	輪作ほ場で事故の際は水稲以外が作付されていた場合や休耕田も含む。
普通畑	主に水稲以外が作付されていた場合や休耕畑も含む。
樹園地	—
牧草地	—
国・県・市町村道	—
農・林道	—
耕作道(私有地)	—
ほ場進入路	隣越えでほ場に入出入した際の事故も含む。
施設	表2に該当する各施設において発生した事故の場合。
その他	上記のいずれにも分類できない事故形態（できるだけ一般的な名称を明記）。
分類不能	分類するための情報が不十分な場合。

表3 事故形態の分類と説明

項目	説明
機械の転落・転倒	被災者が乗車または操作中の機械が転落（落ちる）・転倒（ほぼ同一面上で倒れる）すること。その結果どのような形で被災したか（下敷き、投げ出され等）や、被災者が機械とともに転落・転倒したかどうかは問わない。
人の転落（機械や施設から）	被災者が機械（操作中の場合も含む）や施設から落ちること。作業中、乗降中、移動中いずれも含む。意図的に飛び降りて受働した場合は「無理な姿勢や動作」に分類。
追突・衝突（自走式機械等操作時）	被災者が操作する自走式機械等が主体となって静止物または動いているものに当たること。交通事故における場合も含む。
追突・衝突され（自走式機械等操作時）	物（他者が操作する自走式機械等を含む）が主体となって被災者側が操作する自走式機械等、もしくは操作中の被災者に当たること。交通事故における場合も含む。
ひかれ	被災者が動いている機械等に陥まれないこと。いわゆる「はねられ」事故は「ぶつけれれ（機械等から）」に分類。交通事故でタイヤ等に巻き込まれた場合も「ひかれ」に分類。
巻き込まれ	物に巻き込まれて身体の一部または全部がねじられたりつぶされたりすること。ただし、刃部以外の回転部位（耕うん爪、オーガスクリュー、シャフト、プーリ、ギヤ、ベルト、チェーン等）との接触による事故は、受傷状態が切れや擦れであっても巻き込まれに分類。交通事故でタイヤ等に巻き込まれた場合「ひかれ」に分類。
挟まれ	物の間に挟まれて身体の一部または全部がぶさされること。交通事故で扱われた場合は状況に応じて「追突・衝突され（自走式機械等操作時）」に分類。
ぶつけ（人から）	被災者が主体となって静止物または動いているものに当たること。被災者が機械等を操作して、被災者のみが物に当たった場合も含む。被災者が操作する自走式機械等も同時にぶつかった場合は「追突・衝突（自走式機械等操作時）」に分類。
ぶつけられ（機械等から）	物（他者が操作する機械等を含む）が主体となって、被災者（自走式機械を操作している場合を除く）に当たること。交通事故における場合も含む。ぶつけられた後にひかれた場合には「ひかれ」事故に分類。
刃部との接触	機械や施設、用手具における刃部（刈り刃や刈取刃、ソーチェーン等）自体が被災者に接触し、切削につながる。直接の刃部以外の回転部位との接触による場合は、切削であっても「巻き込まれ」に分類。
飛来物による被災	飛んでくる物が主体となって被災者に当たること。機械が他のもの（小石等）を飛ばす場合や、破損した機械の一部（刃の欠片等）が飛ばす場合を含む。
落下物による被災	落ちてくる物が主体となって被災者に当たること。被災者を含む人が持っていたものを足等の上に乗った場合も含む。
高温部による被災	被災者が高温の物と接触すること。高温環境により熱中症等の症状に至る場合も含まない。火炎、アーク、熱湯（冷却水等を含む）、水蒸気、排気管等との接触を含む。ただし、野焼き等焼却による被災は除外。
有害物等による被災	農薬の体内への侵入による中毒のほか、接触による皮膚炎等、農薬に起因する健康被害全体を含む。また、農作業中の水分補給等での誤飲は含まない。
COガス等による中毒	—
酸素欠乏	—
粉塵による健康障害	農作業に起因して発生した粉塵との接触や吸入によるアレルギー、皮膚炎、肺炎、その他健康障害を含む。
感電	※その他の物質を要因とした健康障害（補作物等との接触による皮膚炎や花粉によるアレルギー等）は農作業事故に含めない。
人の転落（道路、ほ場、畦畔等から）	帯電体との接触、または放電により、被災者が衝撃を受けること。落雷によるものは除く。
人の転落（その他高所から）	被災者が道路やほ場、畦畔等（機械、施設、用手具、樹木等）に起因する高所以外から落ちること。作業中、移動中いずれも含む。意図的に飛び降りて受働した場合は「無理な動作」に分類。
人の転倒	被災者が脚立やハンゴ等の用手具、樹木等の高所から落ちること。作業中、乗降中、移動中いずれも含む。意図的に飛び降りて受働した場合は「無理な動作」に分類。
徒歩または一般車両等での交通事故	被災者が脚立やハンゴ等の用手具、樹木等の高所から落ちること。転倒する等でも被災すること。農作業機械を運転・操作中の場合や、農業機械により被災した場合は他の該当する事故形態に分類。
野焼き等焼却による被災	野焼き等の焼却作業により、火炎との接触、煙や高温空気の吸入等で被災すること。
機械、施設等火災	—
家畜による被災	家畜によるぶつけられ、挟まれ、ひかれ（踏みつけ）等直接的被災のほか、家畜が拘束器具やロープ等、周囲の物に作用した結果被災した場合も含む。
昆虫や獣類による被災	ハチやマダニ等による刺され、へび等による噛まれ、インゲン等によるぶつけられ等を含む。
落雷	—
溺水	—
熱中症	暑熱環境下での農作業によるものであれば、農作業後の発症であっても本分類に含む。
熱中症以外の体調悪化（内因性）	農作業における身体負担が引き起こしたと推定される体調悪化は、農作業後の発症であっても本分類に含む。
振動や騒音による健康障害	機械や工具等に起因する手振振動障害、乗用機械に起因する全身振動による腰痛等、機械や施設からの騒音による聴覚障害等を含む。
無理な姿勢や動作	重量物運搬によるぎっくり腰等、身体の動き、不自然な姿勢、同じ姿勢の長時間維持、動作の反動等により、関節や腱、筋肉等を痛めること。意図的に飛び降りたりぶつけたりして受働した場合も含む。パンプスを崩して転落したり、重量物を持ちすぎて転倒したりした場合は、無理な動作を伴った場合でも、人の転落や人の転倒に分類する。
その他	上記のいずれにも分類できない事故形態（できる限り一般的な名称を明記）。
分類不能	分類するための情報が不十分な場合。

3. 歩行用トラクタの危険挙動に対する安全技術の開発

基礎技術研究部 安全人間工学研究
岡田俊輔、松本将大、積 栄

[摘要] 歩行用トラクタによる死亡事故は年間 40～50 件にのぼり、乗用トラクタ等とともに死亡事故の多い機種の一つである。これらの事故を防止するために挟圧防止装置や、デッドマン式クラッチ等の安全装置が実用化されている。しかし、これら安全装置が装着されているにも関わらず事故に至った事例が報告されている。そこで、挟圧防止装置およびデッドマン式クラッチの安全性向上技術や、ダッシング等の突発的な挙動を検出する手法を開発する。今年度は、ハンドルの操作力や突発的挙動時の加速度など、基礎データの収集方法や評価・試験方法について検討した。この結果を基に試験を行い、得られた基礎データから、挟圧防止装置やデッドマン式クラッチ等の安全性向上技術について検討するとともに、突発的挙動の検出方法を検討した。

1. 目的

歩行用トラクタによる死亡事故は年間 40～50 件にのぼり、乗用トラクタなどとともに死亡事故の多い機種の一つである。死亡事故の形態として後進時の挟まれが約半数を、回転部（ロータリ）への巻き込まれが 2 割程度を占めている。この原因として、前者では障害物との挟まれ、後者では作業者の転倒、またはダッシング、異物との接触や急なクラッチ操作によるハンドルの跳ね上がり等の突発的な機体挙動がある。これらの事故を防止するために挟圧防止装置や、デッドマン式クラッチ等の安全装置が実用化されている。しかし、これら安全装置が装着されているにも関わらず事故に至った事例が報告されている。また、歩行用トラクタは、さまざまな構造で使用方法も多様なことから、極力共通して利用しうる安全技術を目指す必要がある。そこで、挟圧防止装置およびデッドマン式クラッチの安全性向上技術や、ダッシング等の突発的な挙動を検出する手法を開発する。今年度は、ハンドルの操作力や突発的挙動時の加速度など、基礎データの収集方法や評価・試験方法について検討する。この結果を基に試験を行い、得られた基礎データから、挟圧防止装置やデッドマン式クラッチ等の安全性向上技術について検討するとともに、突発的挙動の検出方法を検討する。

2. 方法

- 1) 機体の操作力や挙動等を測定するため、市販の歩行用トラクタに各種センサを取り付けた。また、危険挙動測定時の被験者保護方策について検討、試作した。
- 2) 測定条件の設定や危険挙動の測定方法について検討した。
- 3) 1) の歩行用トラクタを用いて、2) の測定を被験者 1 名で試行し、測定方法の問題点を抽出した。加えて、得られた試行結果から、デッドマン式クラッチ等の安全性向上技術や、機体の加速度や角速度による危険挙動の検出可否について検討した。

3. 結果の概要

- 1) 市販の歩行用トラクタ（表）に装着するセンサを次のように構成した。①ハンドルの操作力を測定するための 6 分力計、②デッドマン式クラッチの把持力を測定するためのロードセル、③機体挙動を測定するための 3 軸加速度・3 軸ジャイロセンサ、④エンジン回転および車軸回転を測定するための回転計、これらのセンサ出力を⑤データロガーにより記録することとし、ほ場での携帯を可能とした（図 1、図 3）。

危険挙動測定時の被験者保護方策として、ロータリへの巻き込まれを防止するため、木製の下肢保護エプロンを試作した(図2)。加えて、危険時に補助者が遠隔でエンジンを停止するためのスイッチを設けた(図3)。

表 歩行用トラクタおよび作業機の諸元

歩行用トラクタ	
全長	1515mm
全幅	600mm
全高	940mm
輪距	185mm
質量	62kg
排気量	163cm ³
定格出力 {回転速度}	2.9kW {3600rpm}
ハンドル形状	2グリップ

作業機(中耕ロータリ)	
耕うん幅	42cm
爪回転径	33cm
質量	32.5kg

※図1のセンサ等を除いたカタログ値



図1 測定器の構成と歩行用トラクタ



図2 危険挙動測定時の被験者下肢保護用エプロン

2) 測定条件は、通常動作として、旋回動作を含む道路走行や耕うんを設定した。危険挙動としては、高速走行での急旋回やダッシングとしたが、ほ場内ではダッシングを再現することができなかつたため、走行速度段を中立としたまま、駆動状態のロータリを地面に置いたベニヤ板に押し付けることで模擬的に再現した。また、前後進とも最高速度段・フルスロットルで急なクラッチ操作をしても、運転者が対応できないほどの急発進やハンドルの跳ね上がりは発生しなかつたが、変速ミス等で慌てた場合を想定し、咄嗟にハンドルを押す、または引いた時の条件を加えた。

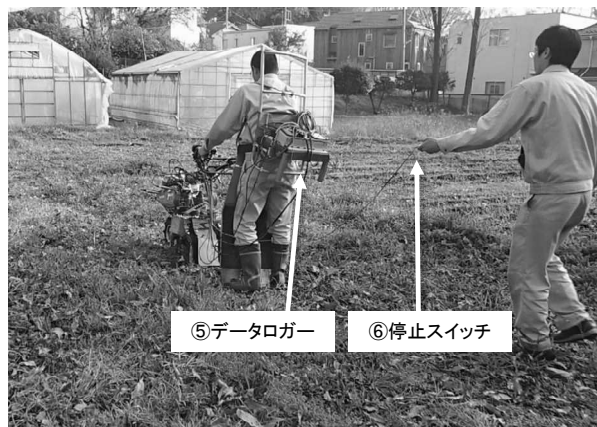


図3 測定風景

3) ハンドル軸方向の操作力は、通常動作と比べて押し引き動作の時に大きな値が観測されたが、ダッシング時は通常動作とほぼ同じで想定より低くなった。これは、運転者がロータリと足との接近を避けるため、ハンドルの引き動作をしなかつたことが影響した可能性があつた。従つて、安全性を確保しつつ、より実際のダッシングに近い状況を再現する必要性を認めた。ハンドルの把持力については、押し引き動作時や、ダッシング時に大きな値となつたことから、デッドマン式クラッチにイネーブルスイッチと同様の機能（クラッチを離しても押込んでも切になる）を持たせることで安全性が向上する可能性が示唆された。また、押込まれてもクラッチが切れることから、挟まれ事故防止への寄与も期待された。加速度や角速度は、ダッシング時のピッチ方向以外で大きな値は観測されなかつた。加速度や角速度については、上下方向の加速が加わりやすいハンドル部分等に取付け位置を変更することで、より明確に挙動を測定し得る可能性があつた。いずれの結果についても、今後問題点に対応した上で適切な測定データを蓄積し、あらためて検討を行う必要性を認めた。

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

- 1) ダッシングの再現方法やセンサ取付け位置を見直すとともに、耕うん部の石等への接触によるハンドル跳ね上がりや後進時挟まれといった危険挙動、車軸耕うん等異なる作業機を装着した場合の操作力・機体挙動について、被験者を増やして試験を行い、データを蓄積する。
- 2) 1) を踏まえ、デッドマン式クラッチの改良等の検討や試作、加速度や角速度による危険挙動の抽出手法の検討を進める。

5. 謝辞

歩行用トラクタの新たな安全装置の開発について、芝浦工業大学の濱名美緒氏にご検討いただいた。ここに感謝の意を表す。なお、結果については、卒業論文としてとりまとめられているので、ご参照いただきたい。

6. 引用・参考文献

- 1) 農林水産省、平成 24 年に発生した農作業死亡事故の概要、2014
- 2) 農作業安全情報センター「農業機械の安全装備いろいろ／歩行用トラクター」、http://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/ankenweb/anzensobi/anzensobi_03.htm、生研センター
- 3) 岡田ら、歩行用トラクタの事故防止に向けた実態調査、生研センター試験研究成績26-1—農業機械の安全性に関する研究（35報）、7-12、生研センター、2015
- 4) 積ら、農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究、生研センター試験研究成績26-1—農業機械の安全性に関する研究（35報）、13-22、生研センター、2015
- 5) 濱名、歩行用トラクタの危険挙動に対する安全技術の開発、芝浦工業大学卒業論文、2015

4. 乗用農機の安全支援機能の開発

特別研究チーム（安全）

志藤博克、皆川啓子、積 栄、岡田俊輔
福島県農業総合研究センター
富士通株式会社
ヤンマー株式会社

【摘要】単独作業が行われる場面が多い農作業では、事故が発生してから発見されるまでに時間を要することが多く、迅速な救命活動が困難であった。そこで、農作業死亡事故で最も多い転倒転落事故が発生したことを検知し、予め登録した連絡先に緊急通報する機能の開発に着手した。また、予防安全の見地から予め登録した危険箇所接近すると警告を発する機能の開発にも着手した。転倒時緊急通報機能は、乗用農機の稼働状況を遠隔で把握できる等の機能を有する作業・営農支援システムへ追加することとして、乗用トラクタに搭載した傾斜センサと通信機能を利用するものと、ICT企業が開発した、人の状態・環境・位置を遠隔から把握できるリストバンド型ウェアラブルセンサ（バイタルセンシングバンド）の機能を利用するものについて検討した。危険箇所接近警報機能は、スマートフォンのアプリケーションソフトとして試作し、その動作を確認し、課題を抽出した。

1. 目的

我が国の農作業では、ひとりで行う場面が多く、万一事故が発生しても発見されるまでに時間を要し、迅速な救命活動が困難な状況に置かれている。高齢者が多い家族経営農家ではもちろんのこと、大規模な法人経営やコントラクタであっても単独作業は避けられない上、法人経営等では農業以外から雇用したオペレータも多く、農作業に潜む危険への認知度が低い。こうした状況は、大きな事故リスクとなっていると同時に、大きな経営リスクともなっている。一方、発見が早ければ救命できたと思われる農作業死亡事事故事例も少なくない。そこで、大規模法人経営やコントラクタに普及しつつある、乗用農機の稼働状況を遠隔で把握できる等の機能を有する作業・営農支援システムに付加できる安全支援機能及び、高齢農業者にも多く使われている古い乗用農機にも後付け可能な安全支援装置を開発する。

平成 27 年度は、それぞれに向けた安全支援機能を検討・試作するとともに、動作を確認し、課題を抽出した。

2. 方法

1) 営農・作業支援システムに搭載する安全支援機能として、転落転倒時に予め設定した連絡先に位置情報とともにメール送信する機能を試作した。転倒判断アルゴリズムは、トラクタに搭載した傾斜センサで測定された左右方向の傾斜角が、 20° 以上の状態で 10 秒間継続した時点で転倒と判断するものとした。

機能の確認のため、試作機能に対応したトラクタを傾斜試験装置に載せ、一次転倒（山側の後輪が浮いた状態）まで傾斜させたとき（図1）と、傾斜角 20° の法面を微速走行したとき（図2）の動作状況を把握した。

2) 後付け可能な装置としてスマートフォンを利用することとし、予め登録した危険箇所に検出距

離以内に近づくと、画面上のマーカーが赤色に変化して知らせる危険箇所接近警報アプリを試作した(図3)。危険箇所は、登録したい場所でアプリ画面の保存ボタンを押すことにより、位置情報が登録される。危険箇所を登録すると、Google Map 上に青色のバルーンが表示される。自分の現在位置はくさび形のマーカーとして表示される。

機能の確認のため、登録地点の検出距離を 25m、50m (それぞれ 10km/h および 30km/h で接近したときの到達時間が 5 秒) に設定し、軽トラックでそれぞれ 10km/h および 30km/h で接近したときの動作を確認した。

- 3) もう一つの後付け可能な装置として、ICT 企業が開発した、人の状態・環境・位置を遠隔から把握できるリストバンド型ウェアラブルセンサであるバイタルセンシングバンド(原理試作機)を利用し、これに搭載された各種センサで測定可能なデータから、作業員自身の転倒転落を検知する機能の農作業への適用可能性を検討した。バイタルセンシングバンド原理試作機は、Bluetooth で測定データをゲートウェイとなるスマートフォンに送り、スマートフォンの持つ位置情報を合わせてクラウド上に保存し、演算するシステムとなっている(図4)。バイタルセンシングバンド原理試作機が測定できる項目を表に示す。

機能の確認のため、地上高 1850mm と 985mm の作業台から普通に降りた場合、飛び降りて着地した場合、飛び降りて倒れた場合、トラクタ座席(地上高 1490mm)から転落した場合の測定データを把握した(大きい作業台とトラクタ座席ではマネキンを使用)。

3. 結果の概要

- 1) 営農・作業支援システムに対応したトラクタを傾斜試験装置で一次転倒まで傾斜させた結果、アルゴリズム通りに動作したことが確認された。また、傾斜角が約 20° の法面を微速走行した場合でも、アルゴリズム判断により転倒を検知した。転倒していない状態での緊急通報の発信を防ぐとともに、転倒時には確実に検知できるようにするため、傾斜角の閾値や継続時間を再検討する必要性が認められた。
- 2) 危険箇所接近警報アプリの動作を確認した結果、いずれの接近速度でもほぼ設定通りに警報を発することを確認したが、マーカーの赤色変化だけでは、警報としては不十分であることが認められた。また、現状では検出距離がプログラムに書き込まれており、ユーザが設定変更できない仕組みであることが改良点として挙げられた。さらに、接近速度の高低により、危険箇所への到達時間が変わり、場合によっては十分な警告効果が得られないことが懸念された。
- 3) バイタルセンシングバンド原理試作機を利用した転倒検知機能について、大小の作業台から飛び降りたときと、普通に降りたときとで運動強度換算値に差があるように見受けられた。なお、飛び降りて着地した場合と飛び降りてから倒れた場合の違いを判別するには、身体姿勢データでの判別が必要であるが、データのサンプリングに問題があったため判別には至らなかった。



図1 傾斜試験装置での転倒時緊急通報機能の動作確認風景



図2 法面走行による転倒時緊急通報機能の動作確認風景



図3 危険位置接近警報の発信画面（地図データ：Google）

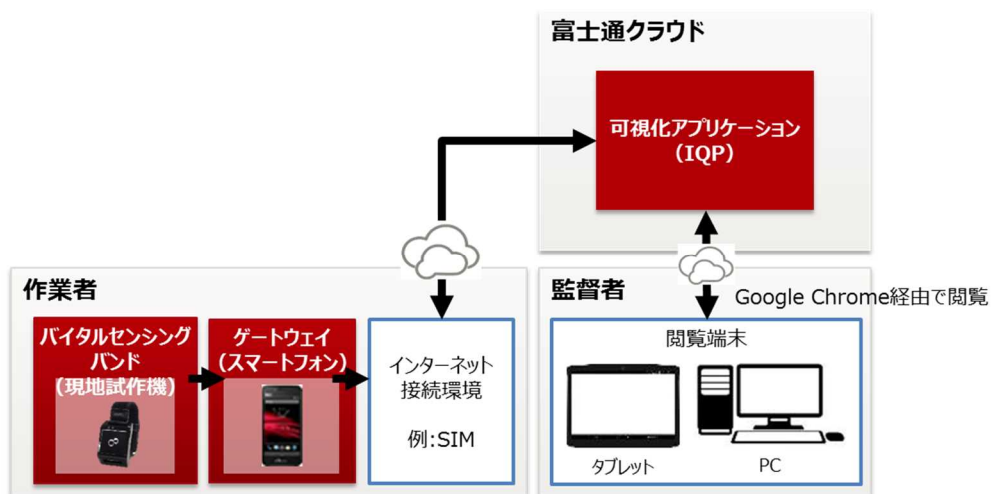


図4 バイタルセンシングバンド（原理試作機）のシステム概念図（富士通提供）

表 バイタルセンシングバンド原理試作機による測定項目

パルス数（≒心拍数）
気圧
歩数
温度、湿度、身体熱指数（室内 WBGT 換算値）
運動強度*1、活動量*2
身体姿勢（立位/臥位）

*1 安静時の何倍の強さの身体活動に相当するかを表す指標の換算値
 *2 運動強度換算値に時間を乗じた値

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

営農・作業支援システム向け転倒時緊急通報機能については、転倒状態を正確に検出できるよう転倒判断アルゴリズムを改良し、動作を確認する。

危険箇所接近警報アプリについては、警告方法や検出範囲の設定等に改良を加え、動作確認試験を実施し、さらに課題を抽出する。

バイタルセンシングバンド原理試作機による転倒検知機能について、抽出された課題に改良を加え、動作を確認する。また、適用範囲拡大のため、温度、湿度に加えてパルス数や運動強度等のデータを活用して、屋外やハウス内といった輻射熱による影響を受ける暑熱環境下における熱ストレスを推定する機能の可能性について検討する。

5. 謝 辞

元農業中央総合研究センターの小林恭氏には、トラクタ転倒検出のアルゴリズムについてご指導を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

6. 引用・参考文献

- 1) 小林恭・行本修・佐々木豊、携帯電話を活用した農作業緊急情報通報装置、2001年度成果情報、農研機構、2001
- 2) 小林恭・行本修・佐々木豊・谷脇憲・平藤雅之・深津時広、フィールドサーバーを活用した農作業緊急情報通報システム、2003年度成果情報、農研機構、2003
- 3) 青田聡・大野光・高樋昌・有賀真一・幕田安博・加納清英・伊藤正幸、スマートフォンを使ったトラクタ転倒通報システム、平成24年度研究成果情報、福島県農業総合研究センター・福島県ハイテクプラザ・アサヒ電子株式会社、2012
- 4) 新熊章浩、ヤンマー「スマート アシスト リモート」システムについて、農業食料工学会誌、Vol. 76, No. 4, 295-299、2014
- 5) 富士通株式会社、「富士通ユビキタスウェア バイタルセンシングバンド」、<http://www.fmworld.net/biz/uware/fuwv/> (2016年6月閲覧)

本報告の取扱いについて

本報告の全部又は一部を無断で転載・複製
(コピー) することを禁じます。
転載・複製に当たっては必ず当センターの
許諾を得て下さい。

(お問合せ先：企画部 連携推進室)

平成27年度 試験研究成績
農業機械の安全性に関する研究 (第36報)

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
<http://www.naro.affrc.go.jp/iam/>

〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2
Tel. 048-654-7000 (代)

印刷・発行 平成28年6月30日