

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：12201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25660187

研究課題名(和文) 農作業事故を起こさせない基盤構造の解明と創出・改善手法の検討

研究課題名(英文) Analysis the cause of agricultural machinery accidents and consideration of measures to prevent accidents

研究代表者

田村 孝浩 (TAMURA, Takahiro)

宇都宮大学・農学部・准教授

研究者番号：20341729

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：農作業事故の事例収集を行い、基盤構造、農業機械の観点から事故原因の分析を行った。調査期間に15件の事故事例(受傷・物損8件、ヒヤリ・ハット4件、死亡3件)を収集した。分析の結果、農作業事故の発生には畦畔段差や縦断勾配等の環境的要因が大きく関与していることが明らかとなった。また事故発生モデルに沿って考察した結果、人間が直接的・間接的に関与することで事故原因となる環境的要因が形成されることが示唆された。また地形図や簡易な測量結果と4自由度の運動方程式を用いれば、実用的かつ高い精度で傾斜地形を走行するトラクタ挙動が表現可能であること、事故原因究明と農道等の危険箇所特定が可能になることを示した。

研究成果の概要(英文)：This study analyzed then clarified the cause of agricultural machinery accidents from the viewpoint of environmental factors and machine factors. We collected in detailed information 15 incident samples (deadly accident; 3, injury; 8, potentially serious errors; 4) for analysis during an investigation period. The main findings were as follows: (1) Height of levees and vertical section shape of the road were the main indicator of the agriculture accident. (2) Focused on the process of the rice-transplanting machine accident, pitch differences between paddy and levee which was the cause of accidents were formed by ploughing operation. (3) And also, by using the topographical map or facile survey, and the dynamic equation with 4 degree of freedom, it could be reproduced that the tractor behavior on the slant topography with practical precision. (4) Therefore, it was shown that they were enabled investigations of the accident causes and identify accident locations on farm roads.

研究分野：農村計画

キーワード：農作業安全 農作業事故 農業機械 土地改良 畦畔除草 環境的要因 挙動シミュレーション 畦畔小段

1. 研究開始当初の背景

我が国では年間約 45,000 件もの農作業事故が発生し、毎年 350 名を超える人命が失われている。他産業では労働衛生環境の改善が徹底的に進められ、2009 年における労災事故死者数は 1971 年の約 2 割にまで削減されている。これに対し農作業事故死はこの 40 年間ほとんど変わらず高位安定のまま推移してきた。

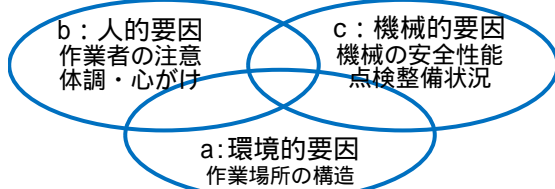
農作業事故の約 4 割は水稲作に関するもので、圃場進入路でのトラクター (12.9%) の脱輪・転落、刈払い機 (16.4%) による畦畔や法面の除草など、事故の多くは圃場外での管理作業中に発生している (農林水産省, 2011)。これまでに申請者らは、除草の労働負荷が法面構造に規定され (木村ら, 1994a)、法面小段の設置が除草作業の安全性と軽労化に有効であること (木村ら, 1994b)、また圃場整備後に維持管理面積が増加し (田村, 2010)、畦畔・溝畔法面が急傾斜化していること (加藤・田村, 2012) などを明らかにしてきた。以上のような研究蓄積によって、申請者らは管理作業を行う場所の構造や状態が農作業事故の引き金となっているとの確信を得るに至った。

2. 研究の目的

農業従事者の減少と高齢化が急速に進む今日、産業の安定性・持続性を保つためにも、農作業事故を起こさせない安全な就労環境を創出することが喫緊の課題といえる。そこで本研究では、農作業事故を回避する総合的な安全対策を講じるための基礎として、事例分析に基づいて、農作業事故の発生原因を基盤構造の観点から解明するとともに、その改善手法について検討することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、事故の発生構造を紐解くため、図 1 のようなモデルを作成した。このモデルに従うと、事故は ~ の重複部分で発生し、特に重大な人身事故は「c: 機械的要因」が関係する ~ で発生すると考えられる。またやなどの事故発生には「a: 環境的要因」が大きく影響していると考えられる。このような研究仮説に基づいて事例収集を行い、農作業事故が発生するプロセスとメカニズムを分析し、基盤構造が事故原因と考えられる事例を類型化し、事故原因となる基盤構造を具体化したうえで、その改善方法を検討する。



d: 管理作業 (除草・巡回・点検・圃場間の移動など)

図 1 農作業事故の発生構造モデル

具体的には、中山間農業地域ならびに平地農業地域を研究対象地域に設定し、網羅的な事例集積を図る。また地形測量を行い事故現場における基盤構造を明らかにするとともに、聞き取り調査によって事故発生時の作業内容や使用機械を把握し、事故事例の類型化を行う。つづいて事故が発生したプロセスを人的要因・機械的要因・環境的要因の観点から辿り、事故原因となる基盤構造の条件や状態を具体化する。

4. 研究成果

(1) 事故事例の類型化と発生場所

2013~2014 年度に 15 件の事故事例 (受傷・物損 8 件、ヒヤリ・ハット 4 件、死亡 3 件) を収集した。その結果、乗用型農業機械によるものが 14 件と大多数を占め、事故発生場所は農道が 7 件と最も多かった。また事故時の作業動作は、圃場間の移動走行や圃場の進入退出、転回などに大別された。

事故当時の使用機械と事故発生箇所に基づいて事例を 5 つに類型化した (表 1)。類型は田植機で水田退出時に転落した事例、類型はトラクタ等で農道を走行中にスリップ・転落した事例、類型はトラクタで圃場進入時に脱輪した事例、類型はトラクタで旋回中に圃場から転落した事例、類型はその他である。このうち本研究では、聞き取り調査により事故状況の詳細が明らかに出来、なおかつ事故事例の多い類型と ついて事故原因の特定作業を行った。

表 1 農作業事故の類型結果

分類	事故内容	使用機械	場所	件数
	水田退出時に横転	田植機	畦畔	2
	農道走行中にスリップ・転落	トラクタ ブルドーザ コンバイン	農道	7
	圃場進入時に脱輪	トラクタ	進入路	2
	転回時に横転・転落	トラクタ 自走式モア	圃場	3
	その他	動力噴霧機	畦畔	1

(2) 類型の事故原因

事例 A・I とともに機械に顕著な故障や不具合はなく、圃場退出時に事故が発生していた。退出箇所の畦畔段差 (畦畔天端と耕盤との高低差) と田植機の前輪半径を比較したところ、畦畔段差が田植機の前輪半径よりも大きいことが明らかとなった (表 2)。田植機前輪が畦畔で阻まれた状況下で後輪から前進方向の力が作用しつづけたことにより、田植機の機体部分にバネのような力が加わり、これが集積し前輪の浮き上がり現象に発展したと考えられた。

表2 畦畔段差と田植機の前輪半径

事例	畦畔段差	前輪半径
I	31~35cm	30cm
A	31cm	27.5cm

(3) 類型の事故原因

事故発生地点前後の縦断勾配を地形測量に基づいて算出した(表3)。上り方向の事故事例は16~19°であるのに対して、下り方向の事故事例は約14°と事故発生地点付近の勾配に差異が見られた。また必ずしも経路の最大勾配地点で転落等の事故が発生しているわけではなかった。いずれの事故もスリップが事故の初期事象として認知されていることから、縦断勾配の他に降雨などの気象条件や路盤の横断方向の傾き(事例N・B・D)、また履帯についた泥(事例I)など、農作業機械のタイヤや履帯が接地する路面状況が大きく関与しているためと考えられた。

表3 農道の区間勾配(単位:°)

農道	事例	区間(2m間隔)					
上り	L	13.0	11.2	13.1	16.6	16.6	14.9
	N	12.7	17.7	20.9	20.5	19.0	19.3
	B	11.4	17.3	16.4	18.6	19.0	18.0
	D	11.4	19.0	21.4	19.8	19.3	16.8
下り	F	14.3	14.3	14.5	14.2	14.5	14.6

太字は各事例の最大勾配、網掛け部分は事故範囲、方向へ前進

(4) 3D 景観モデルによる微地形解析

電子平板測量のデータから3D景観モデルを作成し、事故発生地点付近の縦横断図を作成した。農道走行中におけるトラクタ横転事故(事例D)の横断図(図2)に着目すると、事故発生地点の縦断勾配は約19°と極めて急で、なおかつ路面が谷側へ傾いていることが明らかとなった。また事故時における作業機械の諸元と聞き取り調査からトラクタの走行軌跡を推定し、走行軌跡の傾斜角を算出した(図3)。その結果、左右車輪の走行軌跡の傾斜角は独立かつ不規則に変化しており、これがトラクタのピッチングやローリングを発生させ、機体の転倒に繋がったと考えられた。

(5) 事故原因となる環境的要因の形成過程

事故発生プロセスを明らかにするためイベントツリー分析を行ったところ、大多数の事例において人的要因や機械的要因よりも環境的要因が事故発生プロセスの初期段階に位置していた。

また事故原因となる環境的要因は、直接的・間接的に人的要因が関与していた。具体的に類型の当事者はともに乗用型田植機の操縦経験がほとんどなく操縦技術が不足していた。また畦畔間際まで代かきを行っており、これが事故原因となる畦畔段差を形成

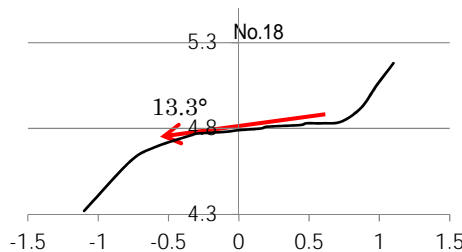


図2 事故発生地点付近の横断図

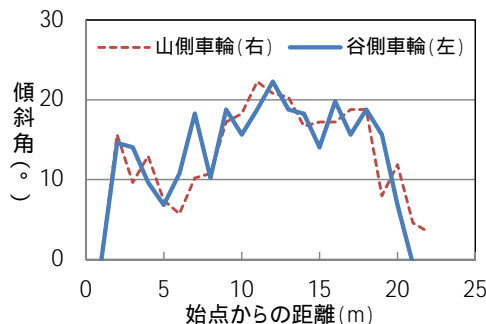


図3 傾斜角の増減

していた。分類の登坂中の事故(事例N・B・D)はいずれも降雨時にスリップしている点で共通していた。路面の滑りやすさは環境的要因と考えられるが、路面の滑りやすさに対する注意力の欠如は人的要因と不可分と考えられた。

(6) 機械更新によるヒヤリ・ハットの事例

ヒヤリ・ハットの事例G・Hについては、実際に使用している作業機械の最小回転半径を算出した。その結果、最小回転半径の値は進入路と支線農道を併せた幅員よりも大きくなった。圃場整備がなされた1982年当時は現在よりも小型の機械を使用していたこと、機械を更新するまでは脱輪等のヒヤリ・ハットはなかったとの聞き取り結果から、事例G・Hについては、作業効率を高めるために導入した機械の大型化の影響があったと推測された。

(7) 運動方程式による機体挙動の推定

傾斜地形を走行するトラクタの転倒・転落事故を取り上げ、事故現場の測量データに3次スプライン補間を行い、路面に応じたフリエ級数による表面粗さを加えて微地形を再現するとともに、実測で同定した動ばね定数と動粘性係数を用いて4自由度の運動方程式による挙動シミュレーションを実施した。その結果、再現地形を走行中の各車輪反力と機体傾斜によりトラクタ挙動を再現可能にするとともに、事故発生地点で車輪が離脱し機体変位も最大となることを指摘した。このことから、地形図や簡易な測量結果と4自由度の運動方程式を用いれば、実用的かつ必要十分な精度で傾斜地形を走行するトラクタ挙動が表現可能であること、事故原因究明と農道等の危険箇所特定が可能になることを示した。

(8) 畦畔除草に関する実地試験の結果

農作業事故件数が最も多い草刈機事故について、作業機械(動力刈払機と自走式モア)の違いと畦畔法面の植生の違いが、除草作業に与える影響を実験した。植生は概ねイネ科草本等による叢生型が優占する中、動力刈払機は偏在するリター等の影響を受け、刈刃の回転数低下等の影響が確認された。一方、自走式モアは植生の影響はほとんど受けなかった。自走式モアでは、動力刈払機で生じる刈草の影響による事故は生じにくいことが示唆された。

(9)環境的要因の改善手法

長野県内の中山間地域を対象として畦畔法面の除草作業に伴う事故を防止するための改善方法について現地調査を行った。現地調査の結果、圃場整備事業を通じて畦畔小段を設置することが除草作業の軽労化と事故防止に有用であることを再確認した。また圃場整備未実施地区や事業完了地区においては、種々の交付金を活用して農家が針金や丸太材を用いて畦畔に小段を設置する事例を確認した。このことから、これらの地区においては多面的機能支払交付金(旧農地・水保全管理支払交付金)や中山間地域直接支払交付金などを施工経費の原資として、農家の直営施工により小段を設置することが有用と考えられた。

<引用文献>

農林水産省, こうして起こった農作業事故, 2011,
木村和弘・有田博之・内川義行, 畦畔除草に適した圃場整備技術の開発-2-, 農土論集 170, p1-10, 1994,
木村和弘・有田博之・内川義行, 畦畔除草に適した圃場整備技術の開発-3-, 農土論集 170, p11-18, 1994,
田村孝浩・守山拓弥, 圃場整備前後における維持管理作業面積の定量的評価. 水土の知 78(11), p895-898, 2010,
加藤怜・田村孝浩, GIS を用いた圃場整備の計画手法の開発, 農業農村工学会講演要旨集, p686-687, 2012

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1件)

内川義行, 田村孝浩, 松井正実, 畦畔法面除草作業の事故防止のための作業環境の改善, 農業農村工学会誌, 投稿中

[学会発表](計 7件)

田村孝浩・内川義行, 松井正実, 守山拓弥, 基盤構造に着目した乗用農業機械の事故発生要因に関する考察, 第64回農業農村工学会大会講演会, 2015.09.02, 岡山大学
田村孝浩, 内川義行, 松井正実, 基盤構

造に着目した農作業事故の発生要因に関する考察, 第63回農業農村工学会大会講演会, 2014.08.27, 朱鷺メッセ

丸山豊樹, 田村孝浩, 内川義行, 松井正実, 事故現場の微地形に着目した農作業事故の発生要因に関する研究, 第63回農業農村工学会大会講演会, 2014.08.27, 朱鷺メッセ

森尾大貴, 松井正実, 青柳悠也, 田村孝浩, 内川義之, 事故現場の地形に基づくトラクタの挙動に関する基礎的研究(第2報) - 補間法による微地形を利用した挙動に関する考察 -, 第50回農業食料工学会関東支部年次大会, 2014.08.06, エコパスタジアム

青柳悠也, 松井正実, 森尾大貴, 田村孝浩, 内川義之, 事故現場の地形に基づくトラクタの挙動に関する基礎的研究(第1報) - 測量データに基づく微地形再現のための補間法の検討 -, 第50回農業食料工学会関東支部年次大会, 2014.08.06, エコパスタジアム

森尾大貴, 松井正実, 本多亮介, 石戸俊, 事故現場の地形に基づくトラクタの挙動に関する基礎的研究, 第73回農業食料工学会年次大会, 2014.05.17, 琉球大学
本多亮介, 松井正実, 加藤裕貴, 森尾大貴, 生体情報を利用した農作業負担評価方法の検討, 第73回農業食料工学会年次大会, 2014.05.17, 琉球大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

田村孝浩 (TAMURA, Takahiro)
宇都宮大学・農学部・准教授
研究者番号: 20341729

(2)研究分担者

松井正実 (MATSUI, Masami)
宇都宮大学・農学部・准教授
研究者番号: 10603425
内川義行 (UCHIKAWA, Yoshiyuki)
信州大学・農学部・助教
研究者番号: 20324238

(3)研究協力者

志藤博克 (SHITO, Hirokatsu), 積栄 (SEKI, Ei), 岡田俊輔 (OKADA, Shunsuke)