

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）

平成25年7月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
生物系特定産業技術研究支援センター  
農業機械化研究所

## まえがき

農林水産省の調査によると平成 23 年の農作業死亡事故件数は 366 件であり、平成 2 年以降では最少となったが、400 件前後という数字は 30 年以上ほとんど変化がなく、就農者人口の減少や就農者の高齢化を考えると、一層深刻化していると言わざるを得ない。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ウェアおよびソフトウェアの開発研究を行ってきた。今後も積極的に関係機関と連携し、開発研究の成果を広く発信するとともに、寄せられた情報を開発研究にフィードバックして、安心・安全な農作業環境の実現に寄与できる技術・装置等を世に送り出す所存である。

平成 24 年度は、次の 4 つの研究課題に取り組んだ。1 課題目は、最終年度を迎えた「巻き込まれ事故防止のための作業員判別技術の開発」である。本課題は、作業員の危険部位への接近を感知する技術の開発を目指しており、感知技術に一定の可能性を見出したため、次年度から新規課題でさらに実用性を高める段階へとステップアップする。

2 課題目は、「農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究」である。本課題は、乗用トラクタと刈払機の事故を対象にした前年度までの課題を中止し、対象をその他の農業機械や家畜による事故に拡大して新規課題として取り組んだ。協力先の都道府県等からの事故調査データや既存の調査結果、現地での聞き取り調査等を基に、事故発生要因や諸条件との因果関係を明らかにするとともに、調査票にもさらなる改良を加え、新たな調査分析手法を構築することを目標としている。

3 課題目は、「乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発」である。トラクタの転落転倒事故の原因のひとつとして片ブレーキの誤操作が挙げられており、本課題ではその誤操作を防ぐ装置の開発を緊プロ課題として国内のトラクタ製造業者 5 社と実用化を目指して取り組んでおり、本年度は 2 年目を迎えた。

4 課題目は、「自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発」である。手こぎ作業時の巻き込まれ重傷事故を減らすため、緊プロ課題としてコンバイン製造業者 4 社と当該装置の実用化を目指して取り組んでおり、本年度は 2 年目を迎えた。

当研究単位では、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速報としてとりまとめている。この取り組みも昭和 51 年度以降、今回で第 33 報になる。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。

平成 25 年 7 月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
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33報）

## 目 次

まえがき

1. 巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発	1
2. 農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究 — 農業機械事故の詳細調査・分析	11
3. 農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究 — 農業機械以外の事故への適応性確認	23
4. 乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発	33
5. 自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発	43

## 1. 巻き込まれ事故防止のための作業者判別技術の開発

基礎技術研究部 安全人間工学研究 岡田俊輔、志藤博克、積 栄  
東京農工大学 井口有紗

【適用】 作物等の供給物と作業者等を判別し、巻き込まれ事故を防止する要素技術を開発する。今年度は昨年度から引き続き、磁心コイルによって市販の耐切創手袋に貼付されている鉄チェーンを検出する手法について検討した。また、今年度新たに MI センサの利用可否について検討した。磁心コイルについては、芯形状等を変えた複数の試作磁心コイルを供試し、それらの感度を調査するとともに、ノイズの実測値や FEMM による磁束密度の解析値を比較し、検出可能距離を推定した。MI センサについては、鉄チェーンの検出が困難であったことから磁石手袋を試作し、磁気シールドによる感度の低下とノイズの減少効果について比較した。これらの結果、2つの磁気センサともに供給物と作業者等を判別する技術として利用しうる可能性が示された。

### 1. 目的

農業機械には作業性を損なうため防護カバーを適用できず、刃やチェーンなどの可動部が露出している部分があり、巻き込まれ等の事故が発生することがある。類似の事故を防止する技術として、工作機械分野等では、工作対象物と人体を判別、あるいは、危険領域への人体の侵入を識別する安全装置が導入されている。農業分野では作物の形状や物性、土や水等の付着等、様々な条件で供給物と人体の違いを判別することが困難であることから、実用化された技術は少ない。そこで、作物等の供給物と巻き込まれの違いを判別する要素技術を開発する。

これまでに、既往の手法では、作物等と作業者を直接判別することが困難であることから、磁性体を付加した手袋を磁気センサによって検出する手法について検討し、一定の利用可能性を見出した。なお、巻き込まれ事故が起こりうる作業においては、リスク増大につながる手袋の使用が禁止されることが多いが、手袋の使用によって巻き込まれが防止できれば、その着用も認められると考えられる。

昨年度までの課題として、供試した磁心コイルは検出可能な距離が短かった。従って、今年度は試作した磁心コイルを用いて、検出距離の拡大可否について検討した。加えて、ノイズが大きいため昨年度利用を見送った、磁気-インピーダンス (MI) センサについて、磁気シールドによるノイズ低減策を見出したことから、改めてその利用可能性について検討した。これらの結果を踏まえ、本手法が供給物と作業者等の判別技術として利用しうるか、今後の問題点等を含め課題をとりまとめた。

### 2. 磁心コイル利用可能性の検討

#### 1) 方法

##### (1) 試作磁心コイルの評価

磁心コイルの検出距離拡大可否を検討するため、その構成要素である芯径や芯長、コイル巻数を変えることによって、鉄チェーン通過時に得られる起電力 (=感度) がどのように変化するか調査した。昨年度試作した 14 種類の試作磁心コイルは、芯径と芯長のどちらか一方のみを変更したが、本年度は芯径、芯長ともに変更した 26 種類を追加試作し、合計 40 種類の磁心コイルを供試した (表 1)。測定方法は、昨年度と同様にベルトコンベア上の市販耐切創手袋の鉄チェーン 1 本が 0.3m/s で通過した時のピーク起電力を測定した。鉄チェーンと磁心コイルの距離は、5、10、15、20 mm の 4 段階とした。

加えて、磁心コイルの構成要素から期待される起電力が推定可能か検討を行った。構成要素である芯長、芯径、巻数、磁石中心軸上の磁束密度を説明変数とし、測定した各距離で得られた起電力を目的変数として、重回帰分析を行った。

表1 試作した磁心コイルの諸元

No.	芯径 mm	芯長 mm	センサ 外径 mm	巻き数 巻	(巻き 数比)	No.	芯径 mm	芯長 mm	センサ 外径 mm	巻き数 巻	(巻き 数比)
1	12	9	24	8200	(1)	21	18	18	24	8200	(1)
2	12	9	36	16400	(2)	22	18	18	30	16400	(2)
3	12	9	48	24600	(3)	23	18	18	36	24600	(3)
4	12	9	54	32800	(4)	24	18	18	42	32800	(4)
5	12	9	84	49200	(6)	25	18	27	22	8200	(1)
6	12	18	18	8200	(1)	26	18	27	26	16400	(2)
7	12	18	24	16400	(2)	27	18	27	30	24600	(3)
8	12	18	30	24600	(3)	28	18	27	34	32800	(4)
9	12	18	36	32800	(4)	29	24	9	36	8200	(1)
10	12	18	48	49200	(6)	30	24	9	48	16400	(2)
11	12	27	16	8200	(1)	31	24	9	60	24600	(3)
12	12	27	20	16400	(2)	32	24	9	72	32800	(4)
13	12	27	24	32800	(4)	33	24	18	30	8200	(1)
14	12	27	28	24600	(3)	34	24	18	36	16400	(2)
15	12	27	36	49200	(6)	35	24	18	42	24600	(3)
16	18	9	30	8200	(1)	36	24	18	48	32800	(4)
17	18	9	36	12300	(1.5)	37	24	27	28	8200	(1)
18	18	9	42	16400	(2)	38	24	27	32	16400	(2)
19	18	9	54	24600	(3)	39	24	27	36	24600	(3)
20	18	9	66	32800	(4)	40	24	27	40	32800	(4)

※No. 1 は、昨年度供試した磁心コイル（市販検針器内の磁心コイル）と同寸法の対照コイル

## (2) FEMM 利用可否の検討とノイズの大きさの推定

磁心コイルの感度が高くなるに従い、周囲の金属部品が動作することによる起電力 (=ノイズ) も大きくなると考えられる。H23 年度の研究成果から、磁心コイル周囲の磁束密度と鉄チェーン通過時の起電力の大きさには相関関係が認められた。また、後述するように試作磁心コイルからも同様の傾向が得られた。従って、ノイズも同様に磁心コイル周囲の磁束密度と相関があると考えられる。このノイズの大きさをシミュレーションによって推定できれば、実測による労力を軽減することができる。そこで、有限要素法を利用した磁場解析ソフトウェア（フリーウェア、FEMM 4.2）の利用可否について検討した後、これを用いてノイズの大きさの推定を行った。

まず、FEMM の磁心コイル周囲の磁束密度の分布を推定可能か検討した。一部の試作磁心コイルを供試し、ガウス（テスラ）メータを用いて磁石中心軸上 0~50 mm（0 mm はガウスメータのプロープが磁石に接触、20 mm までは 2 mm 毎、それ以降は 5 mm の 17 点）の位置の磁束密度を測定した実測値と（図 1）、FEMM による解析値を比較した。なお、解析にあたっては、磁心コイルが円柱状であることから軸対称解析とし、磁石の物性値は FEMM のライブラリにあらかじめ用意されている、ネオジム磁石の数値を用いた。

次に、FEMM によって解析した磁束密度の分布からノイズの大きさを把握可能か 2 つの検討を行った。①様々な金属動作に利用できるノイズ推定方法を検討した。昨年度利用した磁心コイル（芯径 φ12×9 mm、巻数 8200 巻、コイル外径 24 mm）を供試し、仮のノイズ源として矩形鋼板（t=1mm）を磁心コイル

ルの側面で通過させ、これらの幅や長さを変えた（ともに 10～100 mm）時や、移動方向を変えた時のノイズの波形や起電力の大きさと、FEMM で解析した矩形鋼板の移動位置の磁束密度を比較した。②特定の金属動作として、磁心コイルを基礎試験装置に取り付けた時のノイズ推定方法を検討した。昨年度検討した中でノイズが最も小さかった、フィードチェーン側部と挟やく桿上部に、試作した一部の磁心コイルを取り付けた。その時のフィードチェーン動作によるノイズの大きさの実測値と、FEMM によって解析したフィードチェーンの側端部分や挟やく桿上部の磁束密度の関係を調査した（図 2）。なお、H23 年度の研究成果から磁気シールドによるノイズ低減効果が認められたため、ここでは、磁心コイル周囲を磁気シールドとして  $t=3\text{mm}$  の円筒鋼管により覆うこととした。

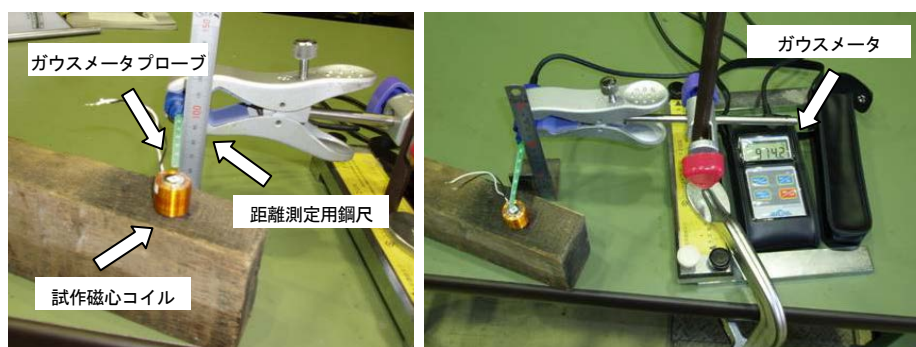


図 1 ガウスメータによる磁束密度の実測風景

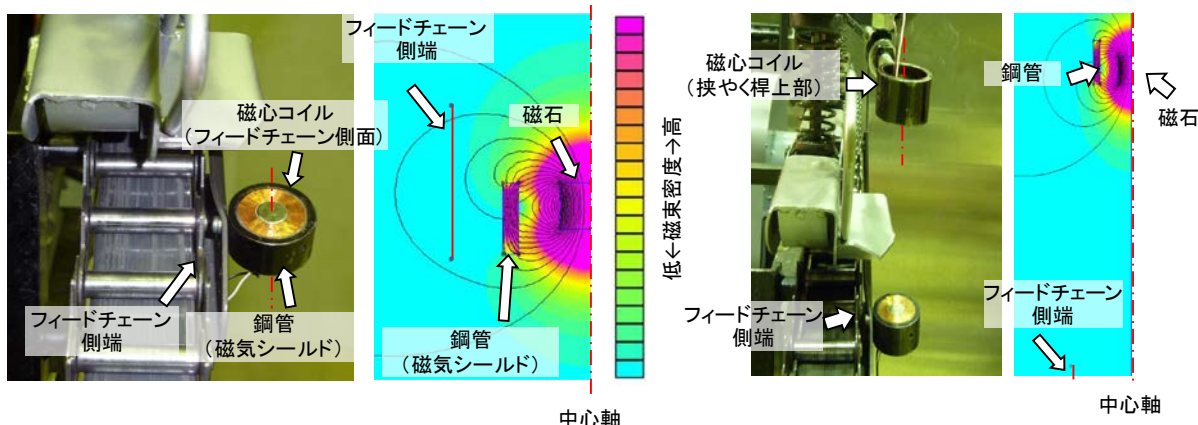


図 2 基礎試験装置への磁心コイル取付状況と FEMM による磁束密度解析例  
(左：フィードチェーン側面取付、右：挟やく桿上部取付)

### (3) S/N 比の推定と検出可能距離

(2)②によりノイズの大きさの推定が可能となったので、ここで得られた推定式や回帰係数を用いて、試作した 40 種類の磁心コイルについて、フィードチェーン側部と挟やく桿上部に磁心コイルを取り付けた時のノイズの推定値 (N) を求めた。また、同様に FEMM で求めた磁心コイル中心軸上の磁束密度から、各距離における鉄チェーン通過による起電力の推定値 (S) を求めた。S/N 比が 2 倍以上となる距離を検出可能距離と仮定し、磁心コイルによって鉄チェーンを検出可能な距離を推定した。

## 2) 結果

### (1) 試作磁心コイルの評価

昨年度供試した市販検針器内の磁心コイルと、試作した同形状の対照コイル（表 1 中の No. 1）を比較した結果、得られた起電力はほぼ同じであり、試作した磁心コイルにおいても同等の感度が得られていることを確認した。コイルの巻数を増加した時、起電力の上昇率がコイルの巻数倍とはならず、距離によって起電力の上昇率が異なった（図 3）。起電力がコイルの巻数倍とならなかった理由として、磁心コイルと鉄チェーンの相対的な大きさが異なることなどが考えられた。芯径を大きくした時、磁

束密度の増加にほぼ比例して起電力が上昇し（図4）。磁束密度と起電力に比例関係が見られるのは、昨年度と同様である。また、芯長を増加した場合は、同じ巻数で比較した場合は感度が低下した（図5）。これは、芯長を増加した分コイルの厚みが薄くなり、コイル部分の磁束密度の変化が小さくなったためと考えられる。同じ外形寸法で比較した場合、芯長が2倍になれば、巻数も2倍にできる。そこで、同じコイル外径で比較すると感度が上昇した（図5）。

重回帰分析の結果から推定される起電力と、実測した起電力の比較を図6に示す。5mmの距離では推測値と実測値で近い値を示したが、磁心コイルから離れ、起電力が小さくなるに従って、回帰係数や決定係数が減少した。これは、説明変数に不足があったこと等が考えられるが、今後検討を要する。

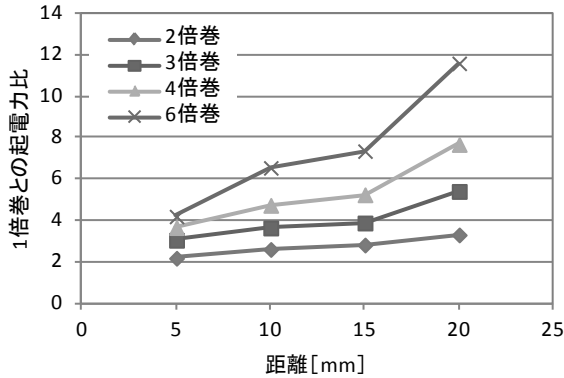


図3 巻数増加の効果  
(芯形φ12×9mmの例)

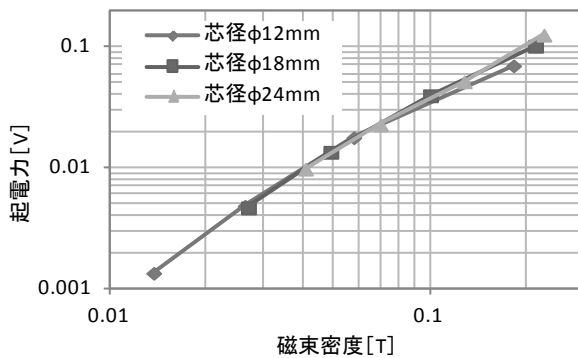


図4 芯径増加時の磁束密度と起電力  
(芯長9mm、巻数8200巻の例)

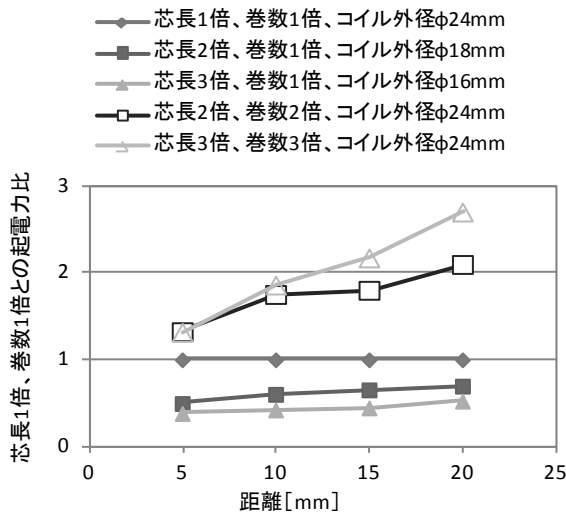


図5 芯長増加と巻数増加の効果  
(芯径φ12mmの例)

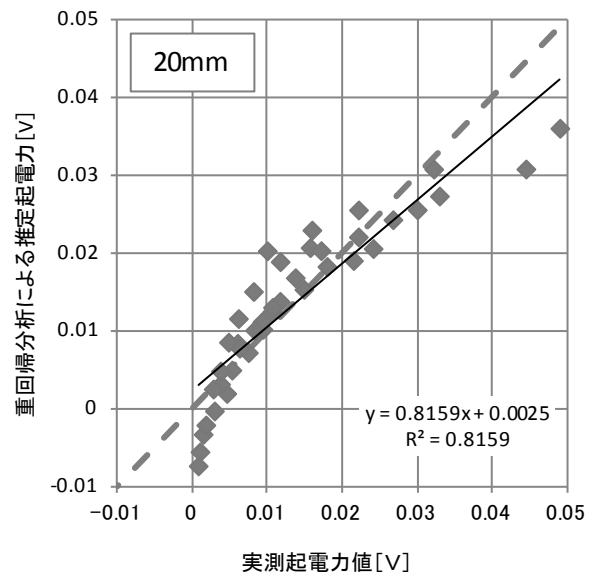
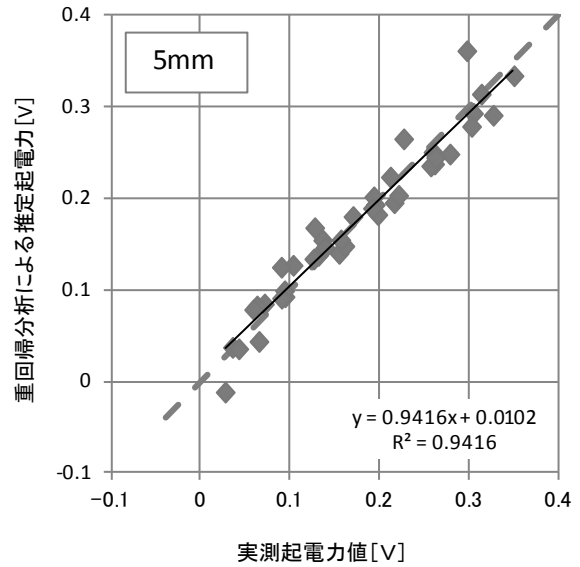


図6 実測した起電力と重回帰分析による推定起電力の比較

## (2) FEMM 利用可否の検討とノイズの大きさの推定

テスラメータによる実測値と FEMM による解析値を比較した結果、回帰係数が 1.07~1.27、決定係数が 0.99 以上と高い相関が見られた (図 7)。実測値と解析値の比は 1.00~1.35 倍であり、磁石近傍で大きな差が見られる傾向があり、距離が離れるに従って差が少なくなった (図 8)。また、概ね FEMM の方が大きな値を示していた。これは、磁石近傍では磁束密度の距離減衰が急峻であり、ガウスメータのプローブの位置決め時のずれが測定に影響を及ぼしたことや、プローブのセンサの厚みを考慮していないこと等、いずれも実測時の測定誤差に起因すると考えられた。これらから FEMM によって、磁石周囲の磁束密度分布を推定可能と判断した。

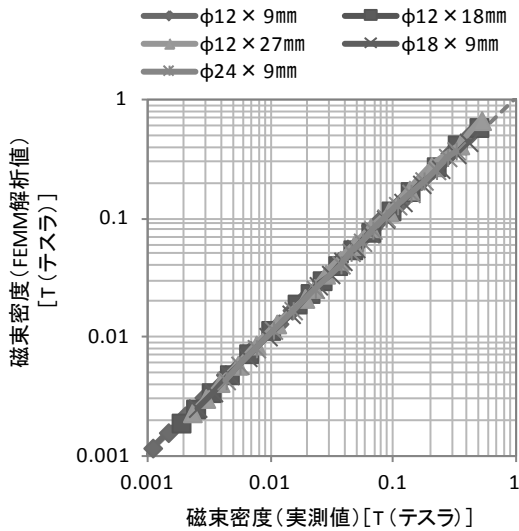


図 7 磁束密度の実測値と推定値の比較

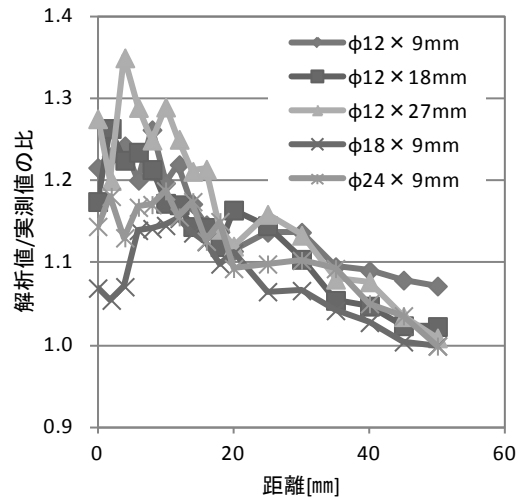


図 8 各距離における磁束密度の推定値/実測値の比

①の検討の結果、矩形鋼板の形状や通過方向によってノイズ波形が複雑に変化した (図 9)。このことから、磁心コイル周囲の磁束密度分布だけではなく、金属片通過時の動的な磁束密度の変化を考慮する必要がある、動的な解析を行うことができない FEMM で、ノイズの大きさを推定することは困難と考えられた。

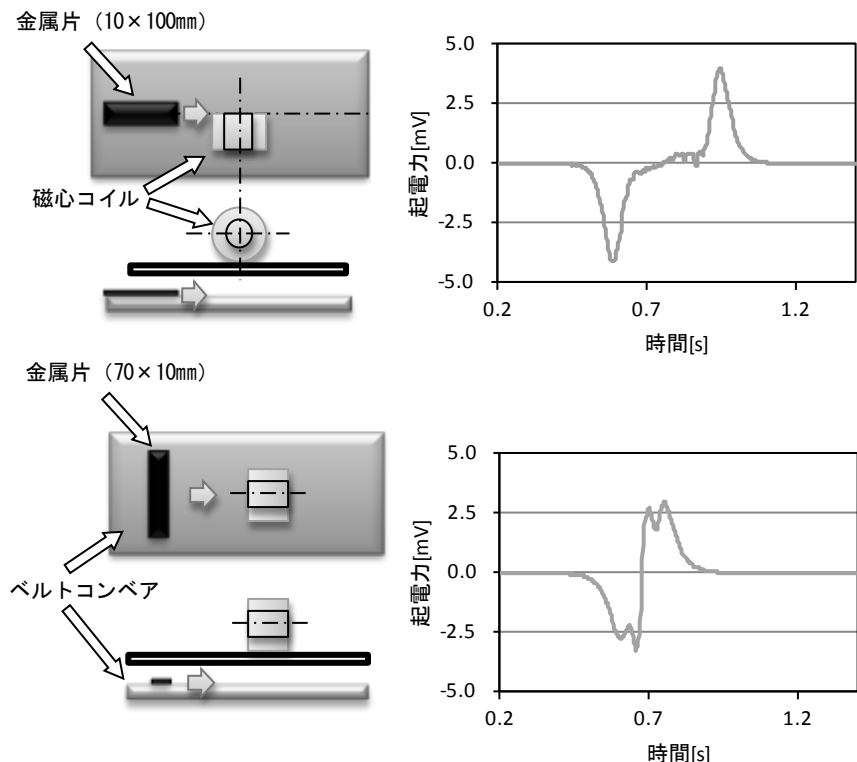


図 9 金属片の形状や移動方向を変えた時の波形変化例



②の検討の結果、フィードチェーン側端部分の積算磁束密度とノイズの比較では、相関が見られなかった。そこで、磁心コイルの感度についても検討し、鉄チェーンが通過した時の、対照コイルと試作した各磁心コイルの、起電力比を仮に感度比として定めた。この感度比と積算磁束密度との積と、ノイズの実測値を比較した結果、相関が見られた(図10)。挟やく桿上部に取り付けた場合にも同様の検討を行ったが相関が見られなかった。その理由として、フィードチェーンと磁心コイルの距離が遠いため、磁心コイルの磁石による漏れ磁場によって誘起されるノイズよりも、フィードチェーン自身が帯磁していることによるノイズの影響の方が大きいと考えられた。そこで、積算磁束密度を除外し、感度比とノイズの大きさのみで比較したところ相関が見られた(図11)。これらから、ノイズ源となる金属部品の形状や動作が同じ場合は、磁束密度の分布や感度比から、ノイズの大きさを推定しうる可能性が示唆された。しかし、周囲の金属動作条件や磁心コイルの取付位置によって、ノイズの推定式を選定し直す必要があると考えられた。

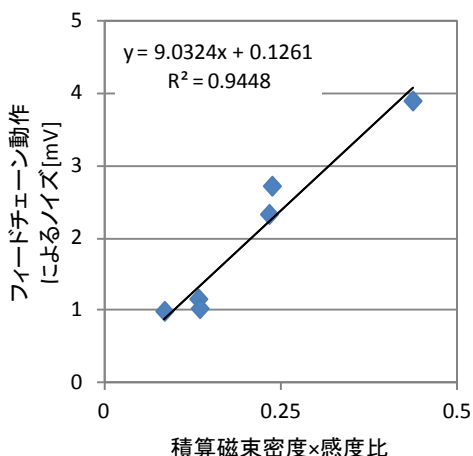


図10 磁心コイルをフィードチェーン側面に取り付けた時のノイズの推定とノイズの実測値

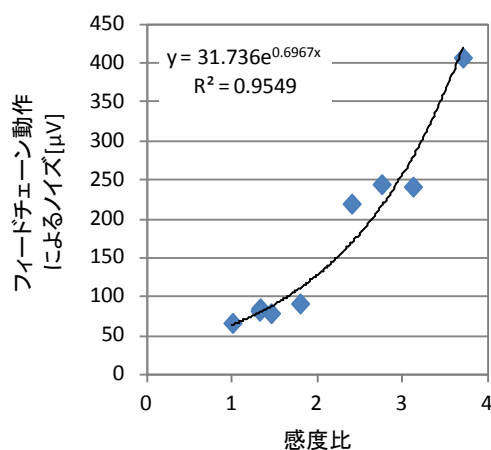


図11 磁心コイルを挟やく桿上部に取り付けた時のノイズの推定とノイズの実測値

### (3) S/N比の推定と検出可能距離

フィードチェーン側面に取り付けた場合は、磁心コイル外径が大きくなるに従って、検出可能距離が拡大し、試作した磁心コイルでは最大で45mm程度まで検出可能と推定された(図12)。これは、フィードチェーンと磁石の距離が離れるためと考えられた。挟やく桿上部に取り付けた場合は、外形寸法によらず検出可能距離が拡大し、試作した磁心コイルでは最大で70mm程度まで検出可能と推定された(図13)。これらの結果から、試作を行った基礎試験装置の巻き込まれ部位の幅は、約100mm程度であるため、試作した磁心コイルの組み合わせで、鉄チェーンを検出可能と考えられる。一方で、検出距離拡大には、磁心コイルのサイズを大きくする必要があり、機械への組み込みが困難になる恐れがあることから、場合によってはより一層のノイズ低減策等を検討する可能性を認めた。

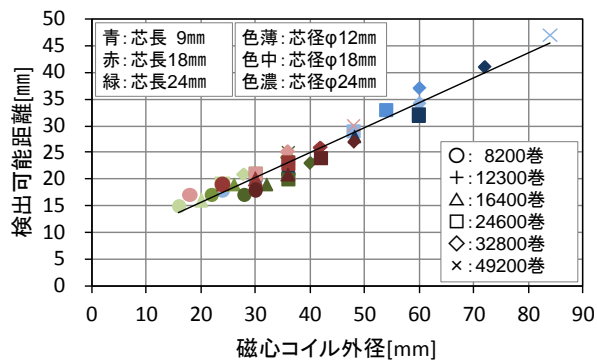


図12 試作した磁心コイルの推定検出可能距離(フィードチェーン側部取付)

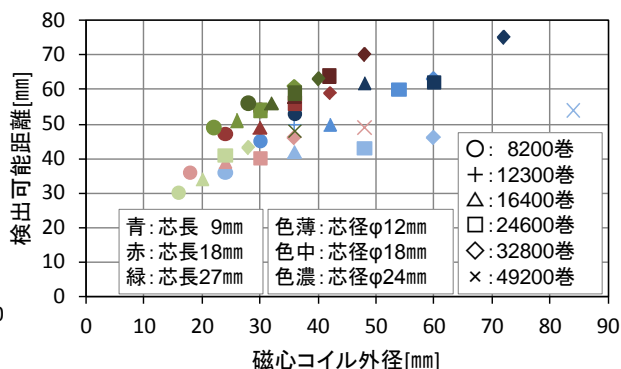


図13 試作した磁心コイルの推定検出可能距離(挟やく桿上部取付)

### 3. MI センサ利用可能性の検討

#### 1) 方法

##### (1) MI センサの感度調査と鉄チェーン検出可否の検討

感度と応答周波数帯の異なる MI センサを供試し (表 2)、磁心コイルと同様に 0.3m/s で移動する鉄チェーンと MI センサとの距離を変えた時の MI センサの変化電圧を測定した。また、鉄チェーンは軟磁性体であり保持力が小さいため、周囲の磁場環境によって、残留磁場が変化する恐れがある。磁心コイルの場合は、内部の磁石によって鉄チェーンが着磁されるため、この影響をある程度無視できる。しかし、MI センサの場合は、それ自身が磁場を持たないため、鉄チェーンの着磁の仕方に影響を受ける。従って、鉄チェーンを消磁器によって消磁した場合と、ネオジム磁石により着磁した場合で比較した。

表 2 MI センサ<sup>\*</sup>の仕様 ※愛知製鋼製

型式 (略称)	応答周波数	感度
MI-CB-1DL (高リニア)	0~10kHz	0.0050V/ $\mu$ T
MICB1DHA (広帯域)	0.10~1kHz	1.0V/ $\mu$ T
MI-CB-1DS (狭帯域)	0.3~5.0Hz	0.30V/ $\mu$ T

##### (2) 磁気シールドによるノイズ低減と感度低下

これまでの知見から、センサを覆う磁気シールドを用いることによってノイズや感度が低下することがわかった。そこで、これを MI センサに適用し、基礎試験装置を用いてノイズの影響を把握し、磁気シールドによるノイズ低減策について検討した。MI センサの取付位置は、磁心コイルの結果を踏まえて、フィードチェーンのノイズの影響を最も受けにくい挟やく桿上側のみとし、挟やく桿をステンレス (SUS304) に変更した。ノイズとなる金属動作条件として、フィードチェーンを動作させた場合と、ワラの供給を想定して挟やく桿を上下させた場合とし、磁気シールドがない場合と磁気シールドで MI センサを覆った場合について、ノイズの低減効果を調査した (図 14)。また、磁気シールドによる MI センサの感度低下について調査するため、既知の磁束密度をもつ磁石が移動したときの MI センサの変化電圧を測定した。測定方法はこれまでを踏まえて、MI センサから磁石までの距離を 150mm とし、磁石はベルトコンベア上を 0.3m/s で移動させた (図 15)。

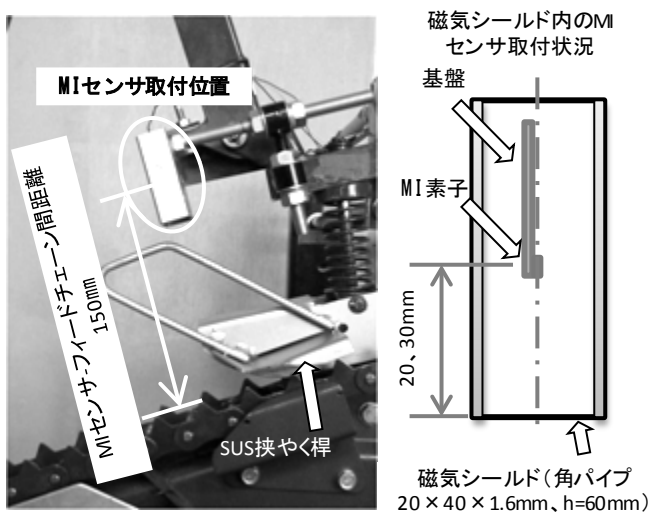


図 14 MI センサの設置状況

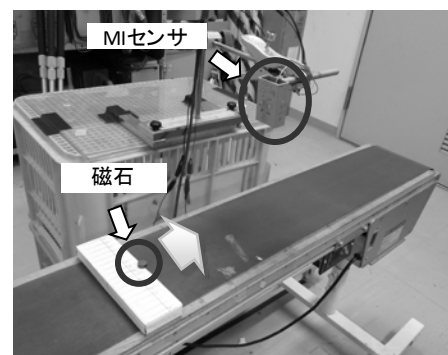


図 15 磁気シールドによる感度低下の測定風景

### (3) 磁石手袋の試作と検出可否の検討

(1)の結果を踏まえ、鉄チェーンに変わる磁性体を利用することとし、磁石用フェライト粉(表3)を塗布した手袋(磁石手袋)の利用を検討した。まず、磁石粉と樹脂の混合比を変えた円形サンプル( $\phi 20\text{ mm}$ ,  $t=1\text{ mm}$ )を作成し(図16)、磁石粉含量と磁束密度の関係を調査した。磁束密度は、円形サンプル中心軸上、10 mmの場所をガウスメータで測定した。その後、磁石粉を塗布した磁石手袋を試作した(図17)。なお、着磁方法は、円形サンプル、磁石手袋ともにネオジウム磁石による無電源着磁法とした。磁石手袋をベルトコンベア上に置き、人差し指以外の指を折り曲げ、人差し指のみをMIセンサの下に通過させた場合(これまでと同様、距離:150 mm、移動速度:0.3m/s、供試MIセンサ:広帯域・シールドあり(20mm))の電圧信号を測定し、(2)でえられたノイズの大きさと比較した。

表3 磁石手袋に用いたフェライト粉<sup>※1</sup>の仕様

製品名	圧粉体成形磁気特性 <sup>※2</sup>		
	残留磁束密度 (mT)	保磁力 (kA/m)	固有保磁力 (kA/m)
OP-56	190±7	130±8	250±16
SF-500	196±7	123±4	195±12

※1: DOWA エフテック製

※2: 配向(磁化しやすい方向に揃えること)を施さず、樹脂とともに圧力を加えて固めた時の磁気特性

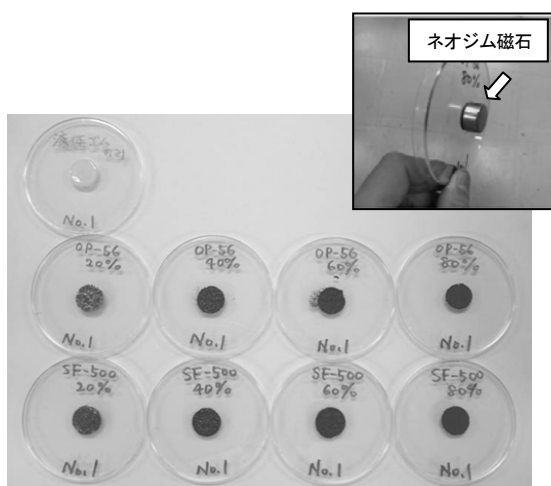


図16 磁石粉の円形サンプルと着磁方法(上)



図17 試作した磁石手袋

## 2) 結果

### (1) MIセンサの感度調査と鉄チェーン検出可否の検討

鉄チェーンは、帯磁させた状態で変化電圧が大きかったものの、消磁した場合は変化電圧が極めて小さかった(図18)。磁場環境によって磁気特性が変化することを防ぐ方法として、耐切削手袋を磁石とともに保管し、あらかじめ着磁しておく、または、検出前に磁場を印加し着磁するなど考えられるが、労力やコスト、スペース的な制約から現実的ではない。従って、鉄チェーンに変わる磁性体として、保持力が高く周囲磁場の影響を受けにくい硬磁性体(=磁石)を検出対象とした。

### (2) 磁気シールドによるノイズ低減と感度低下

磁気シールドによって、フィードチェーンによるノイズが広帯域で6割、挟帯域で7割程度減少し、挟やく棒によるノイズはともに9割程度減少したが、磁気シールド内のセンサの位置によるノイズの差は、ほぼ見られなかった(図19)。感度低下は、磁気シールド内のセンサ位置によって異なり(表4)、広帯域・シールドあり(20mm)では、感度低下が4割程度であり、感度低下よりノイズ低減効果の方が大きかった。

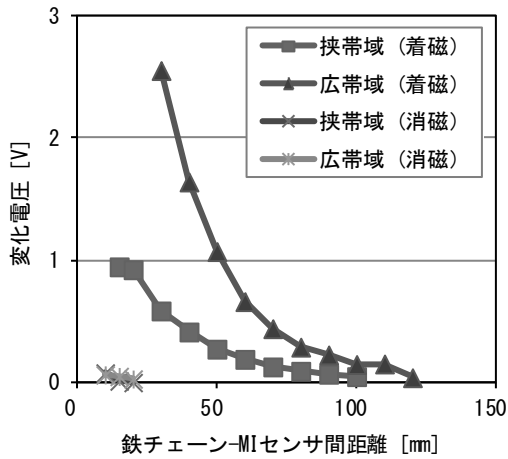


図 18 鉄チェーン通過による電圧変化

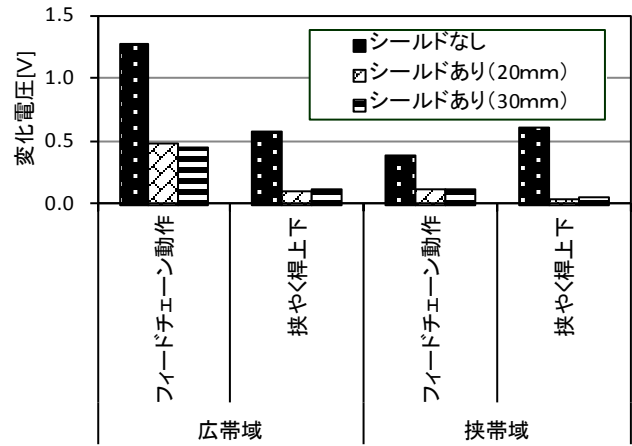


図 19 磁気シールドの有無によるノイズ低減と変化電圧

表 4 磁気シールドの有無による MI センサの感度変化

MI センサ種類	感度 (V/ $\mu$ T)		
	シールドなし	シールドあり	
		(20mm)	(30mm)
広帯域	0.8	0.5	0.3
狭帯域	0.2	0.06	0.08

(3) 磁石手袋の試作と検出可否の検討

試作サンプルの磁石粉含量にほぼ比例して、磁束密度が大きくなった（図 20）。磁束密度が大きいほど検出が容易になるものの、磁石粉の量が多いと、手袋への付着性の悪化や、手袋が硬くなることによる作業性の悪化の恐れがある。従って今後、ノイズの大きさや検出可能な磁石粉の量、加工性などを踏まえた上で磁石粉の塗布量を決定する必要がある。また、磁石手袋が通過したときの変化電圧は 1V 程度であり、フィードチェーンによるノイズに比べて約 2 倍の変化電圧であったため、MI センサによって作業者を判別し得る可能性が示唆された。

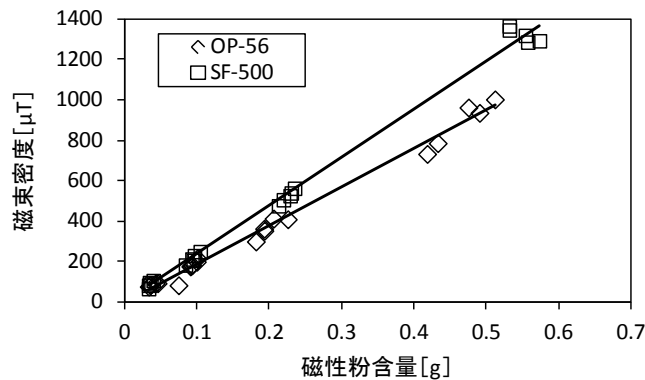


図 20 磁石粉含量と磁束密度

### 3. 今後の課題と対策

センサの周囲にある金属部品等の動作によるノイズの影響を受けるため、本技術を適用する機種を選定し、実機を用いてノイズ対策等を講じる必要がある。磁心コイルは、検出距離拡大にともなって磁心コイル寸法が大きくなり、機械への取付が困難になる。MI センサは、磁石手袋の通過方向等によって検出信号が変化する恐れがある。これらの課題については、次期新規課題『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』のなかで、自脱コンバインに搭載した場合のノイズ対策やセンサ位置等を検討し、手こぎ作業時の事故を未然に防止する技術を開発する。

### 4. 参考文献

- 1) 岡田俊輔ら、巻き込まれ事故防止のための作業判別技術の開発、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
- 2) 岡田俊輔ら、巻き込まれ事故防止のための作業判別技術の開発、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
- 3) David Meeker、Finite Element Method Magnetics、<http://www.femm.info/wiki/HomePage>
- 4) 毛利佳年雄、磁気センサ理工学、コロナ社、1998
- 5) Harry E. Burke、磁気現象ハンドブック、河本修監訳、共立出版、1995
- 6) 小塚洋司、電気磁気学その物理像と詳論、森北出版、1998
- 7) 後藤憲一・山崎修一郎、詳解電磁気学演習、共立出版、1970
- 8) Slawomir Tumanski、Handbook of Magnetic Measurements、CRC Press、2011

## 2. 農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究 —農業機械事故の詳細調査・分析

特別研究チーム（安全）

積 栄、志藤博克、岡田俊輔

【摘要】乗用トラクタと刈払機を中心とした農業機械における事故を対象として、より詳細な調査・分析手法を確立するとともに、都道府県等からのデータや既存の調査結果等を基に、事故発生原因及び作業条件や作業環境等との因果関係を明らかにするべく、研究を行った。協力先道県で乗用トラクタ及び刈払機事故の詳細調査を行うとともに、調査項目及び調査票の改良を行った。詳細調査結果については、既存の事故調査結果も活用し、先行課題で検討した分析手法を用いて詳細分析を行うとともに、分析結果に対してリスクアセスメントを行ったところ、乗用トラクタの転落転倒事故及び巻き込まれ事故について、各要因への対策による事故低減効果の度合いが推定できた。他の農業機械における事故については、乗用トラクタに比しても事故要因の検討に足る情報が調査されていないことが確認された一方、一定の詳細調査が行われていれば、本分析手法が事故要因の検討に効果的であることが見出された。

### 1. 目 的

農作業事故の発生要因を究明するには、現場の状況を詳細に調査する必要があるが、国による農作業死亡事故調査は人口動態調査の死亡小票に基づいているため、発生状況の詳細が不明な場合が多く、また負傷事故の体系的な調査は行われていない。独自に事故調査を行っている自治体もあるが、調査方法や内容の詳細度がそれぞれ異なるため、詳細分析が可能なデータに限られ、安全啓発や対策には十分に活用されていない。

そこで、農業機械による事故で死亡件数が最も多い乗用トラクタ、及び負傷件数が最も多い刈払機を対象に、協力先自治体等と連携して詳細な事故調査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、事故発生要因や作業条件、環境等との因果関係を明らかにする。また、将来的に国の施策として位置づけ可能な調査分析手法につなげるべく、本調査・分析手法の他機種等による農作業事故への適用性を検討し、課題を整理する。

平成 24 年度は、乗用トラクタ及び刈払機事故の詳細調査を実施し、既存の調査結果も参考に事故分析を行い、調査項目の検討と調査票の改良を行う。また、他の農業機械における事故について、事故実態と現状の調査手法、調査項目を調査、把握し、本調査・分析手法の他の農業機械における農作業事故への適用性を検討する。（農業機械以外の事故への適用性検討については第 3 章を参照）

### 2. 方 法

- 1) 乗用トラクタ及び刈払機の事故について、協力先道県での詳細調査を行うとともに、調査結果や調査員の意見を踏まえて調査票を改良した。
- 2) 協力先における、調査の詳細度が十分でない過去の事故調査結果に対して、事故要因を発生時及び前後で機械や環境等に分けて整理、一覧化したマイクロ分析手法（先行課題において構築、平成 23 年度試験研究成績を参照）の応用を試みた。
- 3) 詳細調査結果に、既存の事故調査結果から詳細分析に足るものを加え、一定の詳細調査数が得られた事故形態について、先行課題において構築したマイクロ分析手法、マクロ分析手法（平成 23 年

度試験研究成績を参照)を用いて分析を行った。

- 4) 分析の結果推定された、各要因への対策による事故低減効果(対策前の発生頻度に対する対策後の発生頻度の割合)について、代表的なリスクアセスメント手法である R-Map を用いて評価を試み、その適用性を検討した。
- 5) 他の農業機械における事故について、事故実態や現状の調査項目等を把握した。また、協力先や現地調査で得られた他機種等の事故の詳細調査結果を用いて、本分析手法の適用性を検討した。

### 3. 結果の概要

- 1) 協力先道県との連携により、乗用トラクタ 45 件、刈払機 11 件の詳細調査結果が得られた。また、調査票については、記述上の利便性(事故内容の自由記述欄を前に、等)や背景要因の把握(作目等)等の観点から改良点が見出された。これに基づき、乗用トラクタ、刈払機ともに調査票の改良を行い、次年度以降は改良後のものを活用することとした。改良後の調査票を章末(参考1、参考2)に示した。
- 2) ミクロ分析手法における各事故要因に着目して、限られた事故情報から可能な限り要因を抽出、整理した結果、地域、負傷度合、年齢層による傾向の違いや特徴が把握できた(表1、表2)。例えば、
  - ・道県Aにおいては全体では機械の転落転倒が最多ではあるものの、高齢者による ROPS 非装備の小型機の事故が多い傾向にあり、非高齢者に限ると、死亡事故はエンジンを停止しないままの点検等による巻込まれの方が多い。
  - ・道県Bでは高齢者による ROPS 非装備の小型機の転落転倒事故が多いが、要因として場所の条件が悪い(傾斜、段差等)ことや、安全装備の無効化(シートベルト不使用、左右ブレーキ非連結等)が挙げられる。
  - ・死亡事故と負傷事故では事故形態別発生割合に違いがあり、特に道県Cの負傷事故では機械からの転落事故が総入院日数では最多で、件数での最多(ぶつけ)とは異なる。
  - ・道県Dでは追突衝突による負傷事故が多く、いずれも高齢で日没前後の暗い時間帯であり、注意力低下と被視認性の悪化への配慮の不十分さが推定される。といった特徴が見出され、これらの結果から、詳細度が十分でない既存の調査結果に対しても、当該手法の応用が有効であることが確認された。

なお、調査結果のミクロ分析において、当初のミクロ分析マトリクスを実態に即して若干改良した。改良後のミクロ分析マトリクスを章末(参考3)に示した。

- 3) 乗用トラクタの転落転倒による死亡事故 74 件、負傷・物損事故 32 件をそれぞれ分析した結果、各要因への対策による事故低減効果は、死亡事故(図1)では安全キャブ・フレーム(以下 ROPS)の非装着(図1①)、場所の条件の悪さ(同②)の順に大きく、負傷・物損事故では ROPS 非装着、シートベルト不使用の順であった。

また、乗用トラクタの巻込まれ事故については、死亡・負傷で事故の発生メカニズムには大きな違いはないと仮定し、死亡・負傷事故計 16 件を分析した結果、各要因への対策による事故低減効果は、点検時等における危険部位の非停止(図2④)及びカバー撤去等の安全機能の無効化(同⑤)の順であった。

表1 ミクロ分析項目を踏まえた既存事故調査の分析結果（地域・負傷度合別）

調査先 道県	調査年/ 年度	負傷 度合	該当 調査数	事故形態別発生割合(%)				詳細情報及びミクロ分析項目から 見た特徴的な傾向				
				機転の転落転倒*	挟まれ	巻きまれ**	ぶつけ	機械から転落***	追突衝突****			
A	'08-'11	死亡	13	62	8	31	0	0	0	0	0	*高齢、ROPS非装備、小型機 **非高齢、エンジン非停止で点検等
B	'06-'11	死亡	30	83	0	7	0	0	3	3	3	*高齢、ROPS非装備、小型機、 場所の悪さ(傾斜や段差等)
C	'07-'10	死亡	23	70	4	4	0	4	4	4	4	***負傷事故の入院総日数では最多
	'10	負傷	243	5	24	1	25	22	2	2	2	
D	'03-'11	死亡	6	83	0	0	0	17	0	0	0	*ROPS非装備機
		負傷	12	33	17	0	0	17	25	25	25	***高齢、日没前後の暗い時間帯
E	'06-'11	死亡	9	44	22	0	0	22	0	0	0	*死亡事故はROPS非装備機
		負傷・物損	25	16	12	4	20	12	8	8	8	
(参考)	'10農水省死亡事故調査		114	74	2	9	-	4	5	5	5	

表2 ミクロ分析項目を踏まえた既存事故調査の分析結果（地域・年齢層別）

調査先 道県	調査年/ 年度	年齢層	該当 調査数	事故形態別発生割合(%)				詳細情報及びミクロ分析項目から 見た特徴的な傾向				
				機転の転落転倒*	挟まれ	巻きまれ**	ぶつけ	機械から転落***	追突衝突			
A	'08-'11	70歳以上	10	60	0	1	0	1	20	20	20	*ROPS非装備、小型機
		70歳未満	8	38	13	50	0	0	0	0	0	**エンジン非停止で点検等
C	'10	70歳以上	36	17	17	6	11	31	3	3	3	***農作業時
		70歳未満	212	5	25	0	26	20	1	1	1	***降車時
E	'06-'11	70歳以上	15	33	13	0	7	20	7	7	7	*ROPS非装備機 ***農作業時
		70歳未満	19	16	16	5	21	11	5	5	5	降車時の着地失敗や点検整備時



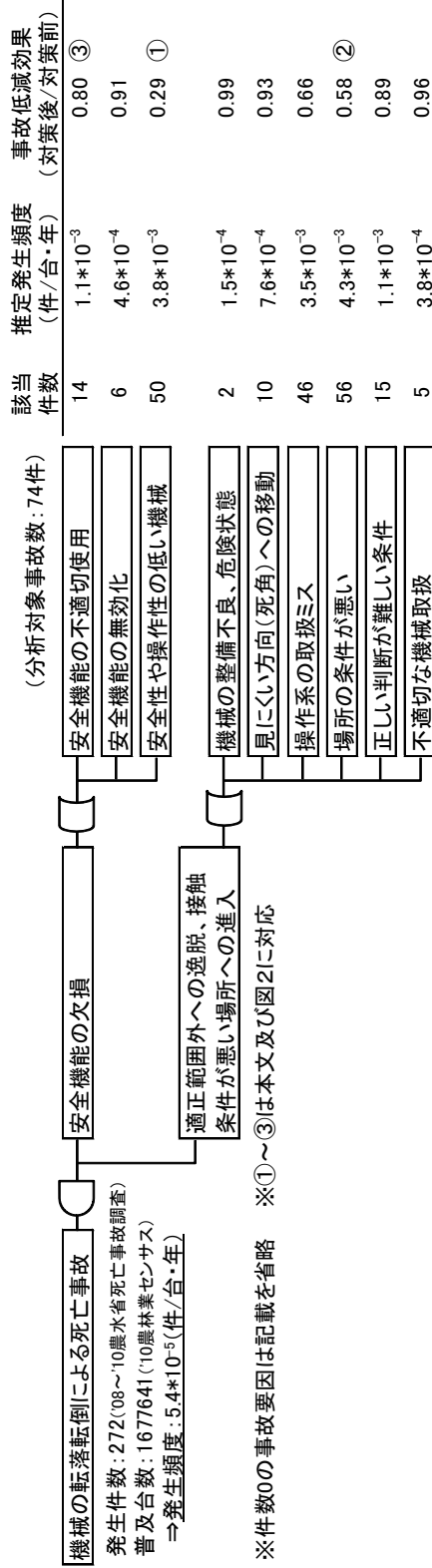


図1 乗用トラクタの転倒転落による死亡事故のマクロ分析結果

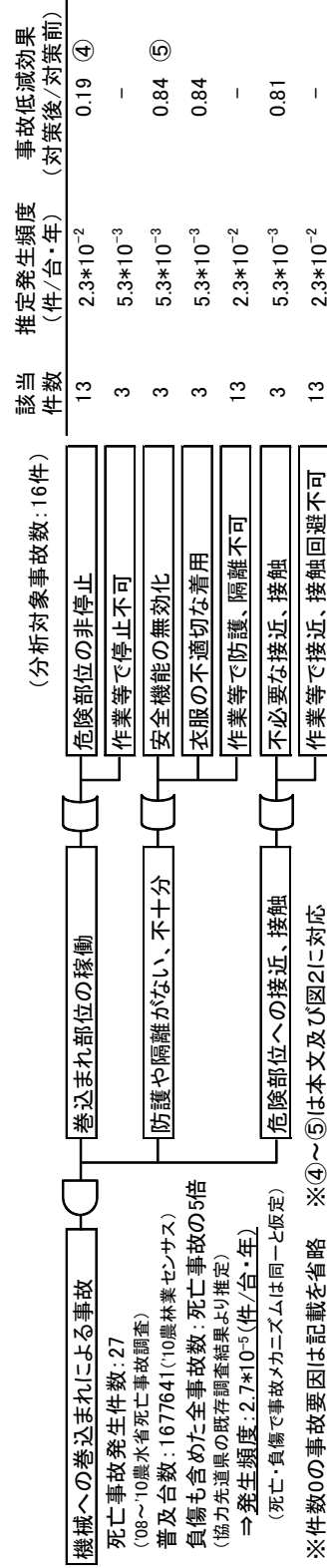


図2 乗用トラクタの巻きまれによる事故のマクロ分析結果

4) 次にこれらの対策について、R-Map によるリスク低減度合の評価を試みた。R-Map は、ISO や IEC の国際規格をベースに、製品のリスクを 6 (発生頻度) × 5 (危害の程度) のマトリクス上で表現し、リスクや対策事項についてのリスク低減のレベルを評価する手法である (詳細は図 3 注釈を参照)。

3) の各結果を R-Map で評価した結果、乗用トラクタの転落転倒事故については、ROPS 装着率向上 (図 1 ①) のみではリスクが現状の B3 領域から下がらず、効果が十分とは言えない一方、環境条件の改善 (同②) やシートベルト着用 (同③) とあわせて対策されることで、リスクが一段下げられると推察された (図 3)。

また、乗用トラクタの巻込まれ事故では、点検時等における危険部位の非停止 (図 2 ④) 及びカバー撤去等の安全機能の無効化 (同⑤) への対策により、相応のリスク低減が可能と考えられた (図 4)。この 2 点については、技術的には防護カバーへのインタロックの適用で対応できることから、巻込まれ事故は、基本的にはハード対策のみで死亡事故のリスクを許容レベル (C 領域) まで下げられる可能性が示唆された。

このように、これまでに検討された詳細調査・分析手法に R-Map を組み合わせることで、農業機械事故においてもリスクベースでの対策効果の検討が可能になることが確認された。

リスク領域: A…リスクが許容できない(製品化不可・リコール)  
 B…実現性を考慮しつつ最小限までリスク低減すべき  
 C…リスクは無視できる  
 ※農業機械での発生頻度 0 レベル=10<sup>-6</sup>と仮定(産業用機械等の分析前例を参照)  
 ※負傷・物損事故は仮に全て重傷にプロット(発生率は協力先道県の既存調査から推定)



図 3 乗用トラクタの転倒転落事故のマクロ分析結果に基づく R-Map 評価結果

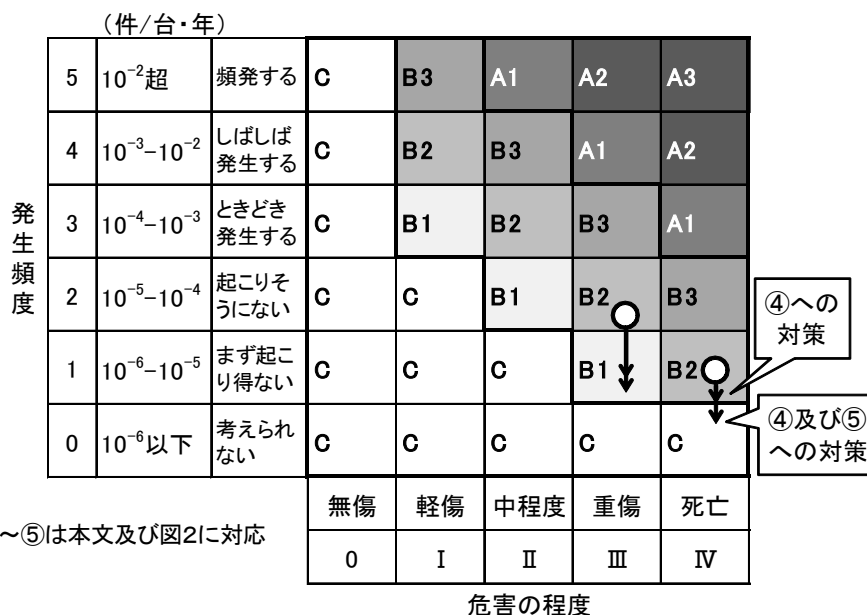


図4 乗用トラクタの巻込まれ事故マクロ分析結果に基づく R-Map 評価結果

5) 乗用トラクタの事故では、恐らく死亡事故の多さから、機関出力やROPSの有無等の事故機諸元に係る調査項目を掲げている自治体が複数確認されたのに対し、他の農業機械の事故では、事故機諸元に関する調査項目がほとんどなく、機種分類や名称自体が曖昧である事例も見られた。

一方、協力先道県の中には、他の農業機械についても型式等の確認を含めた詳細調査を試みているところがあり、これらのデータ及び現地調査結果にマイクロ分析を試みた結果、一定レベルの詳細調査が行われていれば、本分析手法が適用可能であることが確認された。加えて、全ての機械の事故を同じ分析マトリクス上で扱うことにより、例えば安全機能の無効化や事故時の作業方向等、機種に拠らず機械作業全体に対する事故対策の検討も可能となったことから、本分析手法の新たな効用も確認された。

#### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

乗用トラクタ及び刈払機事故の詳細調査データをさらに蓄積し、分析を進めるとともに、調査項目と調査票の改良、調査・分析手法の他機種等の事故への適用性についても引き続き検討し、これらを踏まえて詳細事故調査の実際の運用に向けた課題の整理を行う。

#### 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、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ご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、北海道農業作業安全運動推進本部の館山則義氏、ホクレン農業協同組合連合会の馬淵彰司氏、福島県の棚橋 紺氏、半杭真一氏、JAえちご上越の清水 薫氏、鳥取県の越葉麻美氏、鹿児島県の長井秀一氏、川原秀之氏、白澤繁清氏、坂元文昭氏、ほか皆様からご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

## 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ー故障の木解析 (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) 松本浩二、R-Map (リスクマップ) の実践研究 NITE受付事故情報を試行的にリスク分析する、生活安全ジャーナル、第7号、74-78、(独)製品評価技術基盤機構、2009
- 4) 中谷行宏、平成22年度経年劣化製品事故の分析について、生成23年度製品安全センター製品安全業務報告会資料、39-58、製品評価技術基盤機構、2011
- 5) 日科技連R-Map研究会、R-Map実践ガイダンス、日科技連出版社、2004
- 6) 日科技連R-Map実践研究会、製品安全、リスクアセスメントのためのR-Map入門、日科技連、2011
- 7) 酒井健一、R-MapとFTAを用いた消費生活用製品のリスクアセスメントについて、生成23年度製品安全センター製品安全業務報告会資料、83-100、製品評価技術基盤機構、2011
- 8) 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

### 3. 農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究 —農業機械以外の事故への適応性確認

特別研究チーム（安全）

志藤博克、積 栄、岡田俊輔

【摘要】乗用トラクタと刈払機を対象として開発した詳細な事故情報の分析手法について、農業機械以外の事故への適応性を確認するとともに課題の抽出を行った。適用した事件事例は、近年、北海道で増加傾向にあることが懸念されている乳牛により作業者が負傷する事故とし、9道県、39事例について聞き取り調査を行った。その結果、事故が多発する作業が飼養形態の違いにより異なることが明らかになった。事故が多発している作業についてマイクロ分析およびマクロ分析を行った結果、事故要因を抽出でき、各要因の関連性を明らかにすることができた。本分析手法がこの種の事故に対しても有効であることを確認した一方、このレベルの分析結果を得るには詳細な情報が必要となることから、より詳細な調査が一部の担当者に集中せずに行える体制を整える必要があると考えられた。

#### 1. 目的

よりの確な事故防止対策に必要な情報を抽出することを目的として、乗用トラクタおよび刈払機による事故を対象とした分析手法を開発したが、農業機械以外による事故に対しても広く活用できる必要がある。そこで、農業機械以外の事故への適応性を確認するとともに課題の抽出を行う。適用性の検討は、近年、北海道で増加傾向にあることが指摘されているものの、府県では実態が把握されていない乳牛による酪農家の負傷事故を対象として行う。

#### 2. 方法

##### 1) 調査先と調査項目

北海道、岩手、富山、埼玉、千葉、岡山、徳島、熊本、宮崎の9道県において、39事例について聞き取り調査を行った。聞き取り内容は、被害者の年齢・性別、経験年数、事故の経緯、負傷の程度、飼養形態（繋ぎ飼い・放し飼いの別）、飼養頭数、牛の健康状態とした。

##### 2) 調査結果の整理

調査結果から、事故が発生したときに行っていた作業別に件数を整理するとともに、事故形態と負傷度合の関係を整理した。

##### 3) 調査結果の分析

事故が集中する作業について先行課題において構築したマイクロ分析手法、マクロ分析手法（平成23年度試験研究成績を参照）を用いて分析を行った。ただし、マイクロ分析にあたっては、SHELモデルのL-L（被害者とその他の作業者）をL-C（被害者と牛）に変更した。また、H（機械・設備等）の定義を可搬式の道具等を対象とすることとし、牛舎構造や搾乳施設等はE（環境）に分類することとした。マイクロ分析結果をまとめてマクロ分析を行い、各事故要因の関連性を明らかにした。

#### 3. 結果の概要

##### 1) 調査先と調査項目

調査は、繋ぎ飼い（ロープや締結具で特定の牛床に係留される飼養形態）で26事例、放し飼い

(牛舎内の仕切りで囲まれた区画内を自由に移動できる飼養形態)で13事例を収集した。表1に各道県の調査事例数を示す。

調査した酪農家の成牛飼養頭数は、繋ぎ飼いで100頭未満であり、放し飼いで300頭以上もあったが、最も多かったのは50～100頭未満であった(図1)。被害者の年齢は、繋ぎ飼いで40～60歳未満、放し飼いで50～60歳未満で最も多かった(図2)が、65歳以上はいなかった。被害者の性別は、男性が繋ぎ飼いで19人、放し飼いで7人、女性が繋ぎ飼いで7人、放し飼いで6人であった(表2)。被害者の経験年数は、繋ぎ飼いで20～30年未満、放し飼いで30年以上が最も多く(図3)、いずれも経験豊富な酪農家であった。事故の原因となった牛に疾病や発情などがあった事例が、繋ぎ飼いで4事例、放し飼いで3事例あった(表3)。

表1 各道県の調査事例数

	北海道	岩手	富山	埼玉	千葉	岡山	徳島	熊本	宮崎	合計
繋ぎ飼い	12	4	1	0	2	1	3	1	2	26
放し飼い	2	0	1	2	1	0	2	1	4	13
合計	14	4	2	2	3	1	5	2	6	39

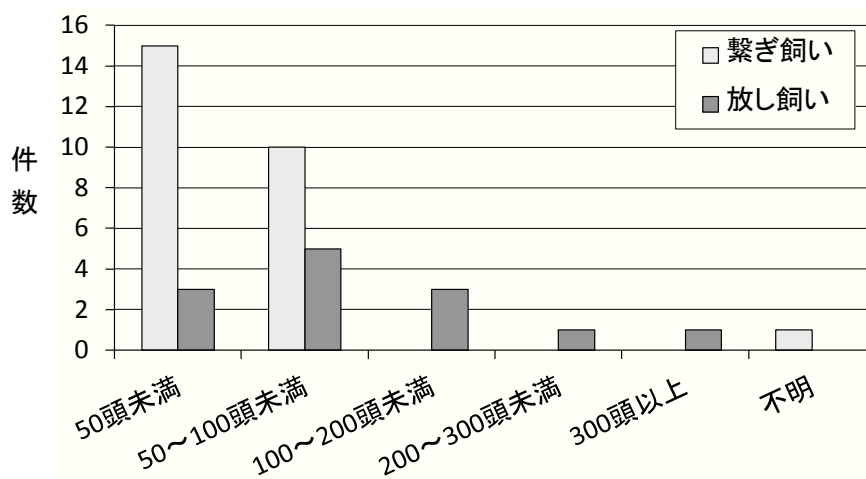


図1 調査先の成牛飼養頭数

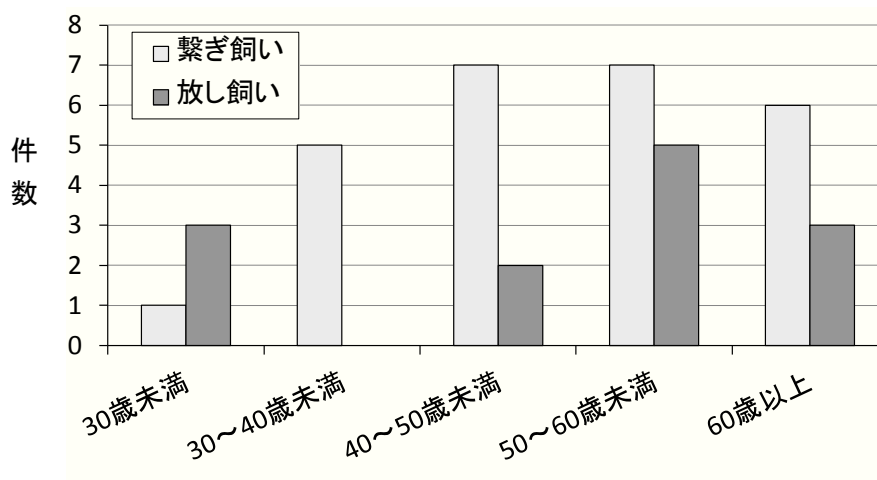


図2 被害者の年齢

表2 被害者の性別

	繋ぎ飼い	放し飼い
男性	19	7
女性	7	6

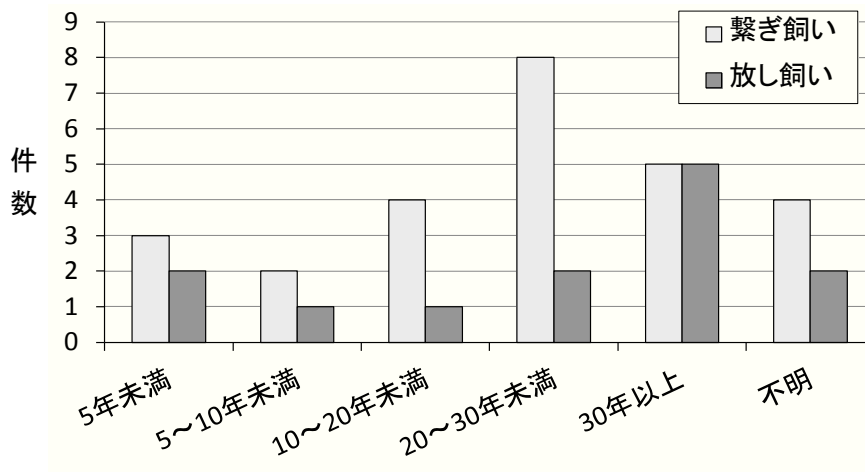


図3 被害者の経験年数

表3 加害牛の健康状態

	繋ぎ飼い	放し飼い
疾病	3	2
発情	1	0
その他（分娩直後）	0	1

## 2) 調査結果の整理

事故は、繋ぎ飼いでは搾乳時、放し飼いでは牛を移動させる作業時に集中しており、それ以外の作業との差が大きかった（表4）。繋ぎ飼い牛舎での搾乳作業では、係留されている牛と牛の間に入って搾乳器を取り付ける等の作業を行う。牛と作業者を隔てる柵などはないため、牛の突発的な行動に対して常に警戒しながら作業を行う必要がある。事故形態では、蹴られが最も多く、次いで、サイドパーティションや隣の牛との間に挟まれるケースや、牛に足を踏まれるケースが見られた。また、蹴られ、挟まれ、踏まれる順に負傷度も大きかった（表5）。

放し飼いでは、搾乳は牛舎に隣接あるいは牛舎の一角にあるパーラーという施設で行い、牛と作業者が柵によって隔離されている。しかし、パーラー入口の待機場場で進入を躊躇している牛や、搾乳後にパーラーから出る通路の途中で止まっている牛を誘導する場合は、待機場や通路内に入って直接牛に接する必要がある、こうした場面での事故が最も多かった。事故形態としては、柵や支柱等と牛の間への挟まれが最も多く、重傷度も大きかった（表6）。この他、削蹄を行うために削蹄棒に誘導するケース、分娩後の牛を独房から牛舎へ誘導するケース等が見られた。事故現場では、パーラーの通路が4件、パーラーの待機場、牛舎周辺、牛舎内が各2件であった。

なお、保定とは、削蹄（蹄を削る作業）や病気治療などのために牛を支柱や棒などにロープ等で固定することであり、固定方法が不十分であったり、保定作業中に牛が突発的な行動を起こしたことに起因して負傷していた。

表4 事故が発生したときに行っていた作業

	搾乳	移動	給餌	保定	牛床清掃	その他	合計
繋ぎ飼い	12	3	3	3	3	2	26
放し飼い	1	10	0	1	1	0	13
合計	13	13	3	4	4	2	39

表5 繋ぎ飼いでの搾乳時に発生した事故の形態と負傷度合

		入院	通院			
			1カ月以上	2週間以上	2週間未満	通院なし
蹴られ	5	1	2	0	0	2
挟まれ	2	1	0	0	1	1
踏まれ	3	0	1	2	0	0
転倒	2	0	0	2	0	0

表6 放し飼いでの移動作業時に発生した事故の形態と負傷度合

		入院	通院			
			1カ月以上	2週間以上	2週間未満	通院なし
蹴られ	2	1	0	0	1	0
挟まれ	6	2	2	0	1	1
踏まれ	1	0	0	0	0	1
突かれ	1	1	0	0	0	0

### 3) 調査結果の分析

繋ぎ飼いと放し飼いでも最も事故が多かった搾乳時の事故 12 事例および移動時の事故 10 事例について、マイクロ分析を行い、その結果に基づきマクロ分析を行った。

#### (1) 繋ぎ飼いでの搾乳時の事故に関するマイクロ分析結果

表7に繋ぎ飼いでの搾乳時の事故に関するマイクロ分析結果を示す。

事故要因としては牛側に起因するものが 12 件と最も多く、元々気が荒かったり臆病であったりといった性格上の要因や、発情や疾病といった生理上の要因が挙げられた。被害者側に起因するもののうち、牛にストレスを与えない飼養管理や反抗させない・甘え過ぎないための躰が不十分であるといった要因が 5 件あった。また、発情に気がつかない等といった牛側の危険要因に対する認識不足に該当する要因が 7 件を占めた。さらに、認識はしていても危険行動を察知できなかった要因が 12 件を占めた。被害者側に起因する事故要因については、上記の要因に関連して、危険要因を持つ牛の適切な取扱方法に関する知識が欠けているか認識違いをしており、または知識はあっても実際の作業に反映させていないといった作業方法の安全管理不足に該当する要因が 12 件を占めた。例えば、金属音を立てたり大声で怒鳴るなど、牛の嫌がる行動を意識せずに行っているケースなどが挙げられた。作業環境側に起因する事故要因は少ないが、通路の狭さや、作業スペース周囲にある部材の破損などによって重傷化を招いていることが明らかになった。



## (2) 放し飼いで移動作業時の事故に関するマイクロ分析結果

表8に放し飼いで移動作業時の事故に関するマイクロ分析結果を示す。

放し飼いで牛に起因する要因と被害者に起因する要因が多くを占めているが、作業環境に関する要因が11点見出された。移動時の事故の多くは通路や待機場で起こっており、それらのすべてに人の避難経路となるマンパスが設けられていなかった。また、通路が設けられておらず、ロープで直接、牛を誘導した場合に事故が発生していた。これらの事例は、設備に対策を施すことによって解決可能と判断された。なお、要因の数が事例数を上回っているのは、一つの事例で複数の作業環境に関する要因が見出された例があったためである（例えば、牛の隔離が不十分であり、なおかつ牛と直に接する場合の待避口の確保が不十分、など）。

被害者の適切な知識が不十分であったが故に、作業方法の安全管理不足を招いているのは繋ぎ飼いで事故と同様であったが、放し飼いをしている経営は規模が大きく、家族以外に従業員を雇っていることが多いことから、他の作業員への情報提供不足に起因するケースが8点あったことが特徴的であった。

## (3) 繋ぎ飼いで搾乳時の事故に関するマクロ分析結果

図4に繋ぎ飼いで搾乳時の事故に関するマクロ分析結果を示す。

繋ぎ飼いで搾乳作業は、牛に直に接することが避けられない。また、性格上の問題や発情といった要因もコントロールすることが困難である。したがって、①気の荒い牛を淘汰して温厚な牛群を育成すること、②牛床寸法、牛舎環境（明るさ、通気性、清潔さ、適度な温湿度等）、飼料設計、給餌量、牛への接し方等に適切に配慮して牛にできるだけストレスを与えない飼養管理を行うこと、③牛の状態を常に観察し、危険要因の有無を把握すること、④牛が暴れることがどうしても避けられない場合には、胴締めを用いる等、適切に対処すること、といった対応が必要であることが示唆された。このように対処するためには、必要かつ十分な知識を持つとともに、それを適切に実践する意識が必要となる。このことは、すなわち乳量増加、疾病の予防・減少、受胎率の向上といった生産性の向上に直結する。農作業安全は収益向上には結びつかない、と思われがちであるが、分析結果は、作業の安全を確保することが経営の改善にも繋がることを示唆している。

被害者への聞き取りで受けた印象では、よほどのケガでない限り、仕事が忙しいことを理由に治療が後回しにされることが多かった。調査範囲ではこのことが原因となって症状が重くなった事例は幸いにしてなかったが、治療が遅れたことで重篤化してもおかしくなかった事例も見られ、実態としては十分にあり得るものと推測された。

## (4) 放し飼いで移動作業時の事故に関するマクロ分析結果

図5に放し飼いで移動作業時の事故に関するマクロ分析結果を示す。

放し飼いで、①通路や柵の要所にマンパスを設ける、②搾乳牛舎と乾乳牛舎等、牛舎と削蹄枠の間などに柵で囲まれた通路を設け、作業員は柵の外から牛を誘導する、といったように設備を適切に整えることにより、ある程度、作業員側の危険要因をカバーすることが可能となる。また、危険要因を持つ牛がいたとしても、作業員が直に牛に接することを最小限に抑え、事故を減らすことが可能と判断された。ただし、繋ぎ飼と同様、危険な牛の淘汰、適切な飼養管理、牛体観察、危険要因を持つ牛への適切な対処なども必要であることに変わりはない。移動を嫌がって牛が暴れるといった危険要因を排除する上で、仔牛のときに一定のトレーニングを行って馴致させるというアプローチも効果が期待される。畜産草地研究所の深澤は、離乳期の仔牛に対して、トラックの荷台に乗れたら角砂糖などの報酬を与えるというトレーニングを5日間行うことにより、1年後でも馴致効果が維持されたという研究成果を報告している。コスト面の問題で施設の改良が十分に行えない場合は、有効な手段であると考えられる。

表 7 繋ぎ飼いででの搾乳時の事故に関するミクロ分析結果

Haddon Matrix SHEL	事故発生前		事故発生時		事故発生後	
	項目(該当するものに○)	件数	該当内容(記載例)	項目(該当するものに○)	件数	該当内容(記載例)
L 当事者 (被害者)	疲労、体調不良 高齢(70歳以上)	0	持病、負傷、睡眠不足、長時間/連日の作業	焦り	4	作業袋の予定、陸揚前、日没前
	作業の熟練不足	0	作業従事経験が少ない	通信、無理な作業	3	慣れによる誤判断、人や機械の能力を超えた作業
	適切な作業への意識が低い	5	無理な/乱暴な作業	防護具の着用不十分	2	安全靴等
	適切な作業の知識が少ない	6	必要な知識の欠如	安全作業への集中の欠如	2	よそ見、作業中
	身体的障害・持病等の有無	1	必要な知識の欠如			
	場所の安全管理不足	1	作業場所の点検、整備、改善が不十分			
L-S ソフト (管理も含む)	作業方法の安全管理不足	12	安全・適切な作業方法の点検、変更、改善が不十分			
	不適切な作業日程の策定	1	無理な作業日程			
L-H ハード (機械/用具)	正しい安全管理の教育体制不足	1	家族・従業員への周知不足			
	機械/施設の整備不良、危険状態	0	点検の未実施、認識等の不適切使用	危険部位への接近、接触	1	用具の危険部位との接近、接触
L-E 環境 (道路、欄干 等)	安全性や操作性の低い機械/用具	0	マンパがいない欄、シートがない等	条件が悪い場所への進入	0	軟弱な滑りやすい、段に低い段差や滑りやすい場所
	場所の寸法が作業に不適切	1	欄の狭い通路や出入口、ミルクアップ高さ等	破損して危険な部位への接近、接触	1	
	場所の滑り易さ	0	床の滑りやすさ			
	場所の傾斜、段差、凹凸	0	作業場の床			
L-C 当事者以外 (牛)	障害物(構造物等)の存在	0	邪魔な柱、梁			
	場所の破損等	1	場所の破損等			
L-C 当事者以外 (牛)	牛の性格・健康状態・心理状態	12	恐怖、驚り、敵対、疾病、恐れ、甘えなどの有無	牛の行動への注意不足	12	牛の危険な行動が察知できない
	牛の状態の認識不足	7	危険行動の可能性のある牛の存在の認識不足	危険な状態にある牛への接近、接触	12	恐怖、驚り、敵対、疾病、恐れ、甘えなどがある牛に直面し接触
	狭められた飼養管理の不適切	5	牛にストレスを与えない飼養管理、反抗しない嫌・甘	慮前に驚れる、大声で叱る、牛が嫌がる音を出す、等	4	

表 8 放し飼いで移動作業時の事故に関するミクロ分析結果

Haddon Matrix SHELL	事故発生前		事故発生時		事故発生後	
	項目(該当するものに○)	件数	項目(該当するものに○)	件数	項目(該当するものに○)	件数
L 当事者 (被害者)	疲労、体調不良	0	健康、負傷、睡眠不足、長時間/連日の作業	0	作業後の予定、除排前、日没前	0
	高齢(70歳以上)	0	—	9	慣れによる誤判断、人や機械の能力を超えた作業	0
	作業の熟練不足	3	作業従事経験が少ない	1	安全靴等	0
	適切な作業への意識が低い	1	無理な、乱暴な作業	0	よそ見、考え事	0
L-S ソフト (管理も含む)	適切な作業の知識が少ない	9	必要な知識の欠如	0	救助連絡手段の確保不足	0
	身体的障害・持病等の有無	0	—	0	救助対応の教育不足	0
	場所の安全管理不足	11	作業場所の高機、騒音、改善が不十分	0	—	0
	作業方法の安全管理不足	13	安全・適切な作業方法の点検、実施、改善が不十分	0	—	0
L-H ハード (機械/用具)	不適切な作業日程の策定	0	無理な作業日程	0	—	0
	正しい安全管理の教育体制不足	8	家族・従業員への認知不足	0	—	0
	機械/施設の整備不良、危険状態	1	点検の未実施、誤認識等の不適切使用	0	用具の危険部位との接近・接触	0
	安全性や操作性の低い機械/用具	1	—	0	—	0
L-E 環境 (通路、柵、床 等)	安全が配慮されていない場所	11	マンパスがない柵、シュートがない等	7	破損な柵やパイプ等による侵入	0
	場所の滑り易さ	0	柵の隙い/通路や出入口、ミルクアップ高等	0	破損して危険な部位への接近	0
	場所の傾斜、段差、凹凸	0	床の滑りやすさ	0	—	0
	障害物(構造物等)の存在	0	作業場の床	0	—	0
L-C 当事者以外 (牛)	場所の破損等	0	邪魔な柱、梁	0	—	0
	牛の性格・健康状態・心理状態	10	発情、闘争、驚が、疾病、恐れ、耳などの有無	9	牛の危険危険行動が認知できない	0
	牛の状態の認識不足	7	危険行動の可能性のある牛の存在の認識不足	8	発情、闘争、驚が、疾病、恐れ、耳などがある牛に固く接近	0
	壁も含めた飼養管理の不適切	0	牛にストレスを与えない飼養管理、反抗しない壁・柱との作業・行動ミス	11	厩舎に触れる、大声で叱る、牛が嫌がる音を出す、等	0

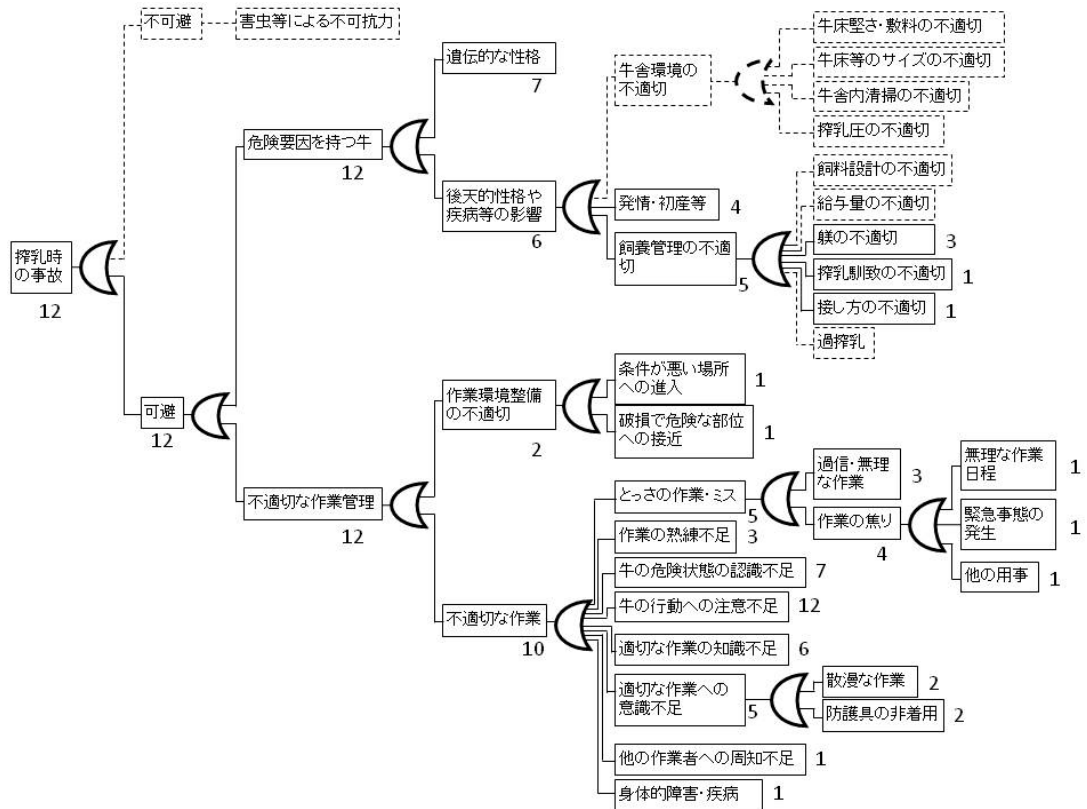


図4 繋ぎ飼いでの搾乳時の事故に関するマクロ分析結果

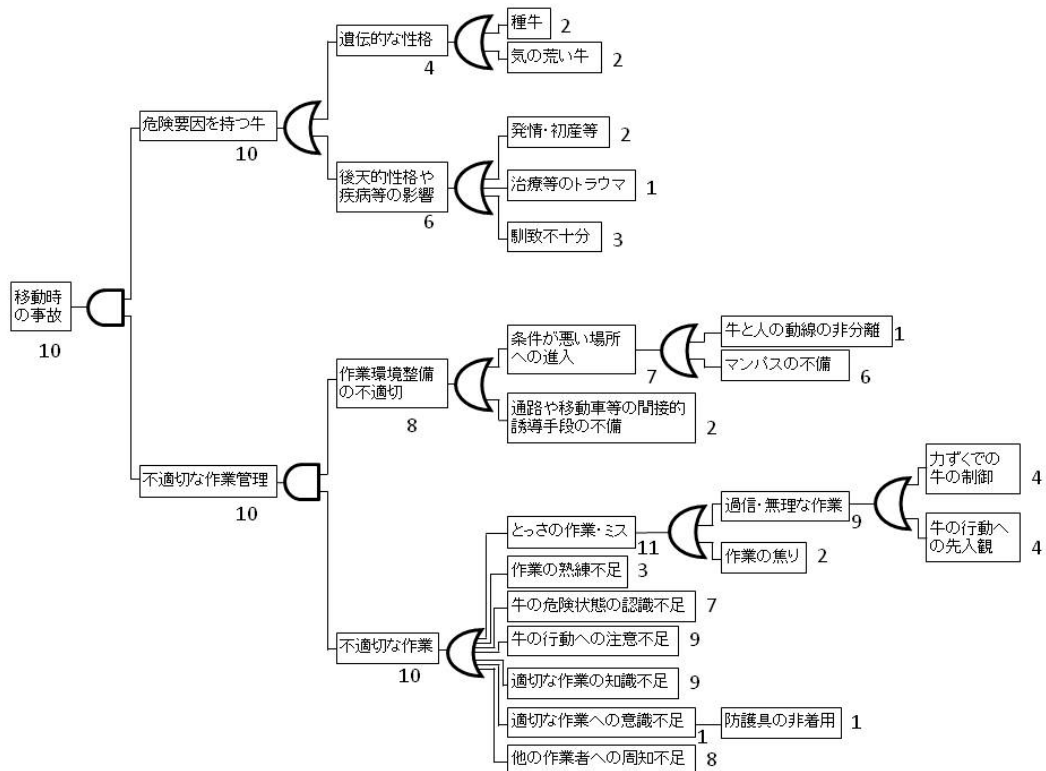


図5 放し飼いでの移動作業時の事故に関するマクロ分析結果

注：図中の ◻ マークは AND を意味し、右側に分岐する要因のすべてが真である場合に左側の項目が成立する。  
 ◐ マークは OR を意味し、右側に分岐する要因の一つでも真であれば左側の項目が成立する。  
 図中の数値は該当する要因の数を示す。

#### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

本分析手法がこの種の事故に対しても有効であることを確認した一方、このレベルの分析結果を得るには詳細な情報が必要となることから、より詳細な調査が一部の担当者に集中せずに行える体制を整える必要があると考えられた。

他機種等の事故への適用性についても引き続き検討し、これらを踏まえて詳細事故調査の実際の運用に向けた課題の整理を行う。また、本調査分析結果については、酪農畜産関係者へも情報提供する。

#### 5. 謝 辞

現地調査では、北海道農作業安全運動推進本部の館山則義氏、ホクレン農業協同組合連合会の馬淵彰司氏、岩手県中央農業改良普及センターの茂呂勇悦氏、岩手県盛岡農業改良普及センターの工藤学氏、平久保友美氏、宮古農業改良普及センター岩泉普及サブセンターの中森忠義氏、須藤知生氏、八幡平農業改良普及センターの山口直己氏、埼玉県大里農林振興センターの設楽秀幸氏、岩松諒氏、埼玉県農林部農業支援課の本間利明氏、千葉県酪農業協同組合連合会の廣部副参事、富山県砺波農林振興センターの金谷千津子氏、富山県農林水産総合技術センター畜産研究所の高橋正樹氏、松原禎敏氏、おかやま酪農業協同組合の高山勝好氏、徳島県農林水産総合技術センター技術支援部の林和徳氏、徳島県東部農林水産局の篠原実氏、北川師士氏、先川香緒里氏、熊本県農林水産部生産局畜産課の網田昌信氏、熊本県酪農業協同組合連合会の徳丸憲士氏、菊池地域農業協同組合の川口浩一氏、宮崎県農政水産部営農支援課の須崎哲也氏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) 積栄・志藤博克・岡田俊輔・白垣龍徳、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、農研機構生研センター、2012
- 2) 志藤博克・積栄・岡田俊輔・高橋圭二（酪農学園大学）・長命洋佑（京都大学）、繋ぎ飼い牛舎での乳牛による負傷事故の調査分析、日本草地学会2013年度山形大会、日草誌59(別), 42、2013
- 3) 志藤博克・積栄・岡田俊輔・高橋圭二（酪農学園大学）・長命洋佑（京都大学）、放し飼い牛舎での乳牛による負傷事故の調査分析、日本草地学会2013年度山形大会、日草誌59(別), 43、2013
- 4) Michiru FUKASAWA(2012) The calf training for loading onto vehicle at weaning, *Animal Science Journal* 83: 759-766.



事故調査票＜乗用トラクタ＞

調査年月日：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 所属・氏名：\_\_\_\_\_

1. 発生状況について

発生推定年月日、時刻 および天候	____年 ____月 ____日 午前・午後 ____時__分頃 <input type="checkbox"/> 晴れ <input type="checkbox"/> 曇り <input type="checkbox"/> 雨（強・中・弱） <input type="checkbox"/> 風（強・中・弱）
事故の種別	<input type="checkbox"/> 機械の転落・転倒（ <input type="checkbox"/> 下敷き <input type="checkbox"/> 投げ出され） <input type="checkbox"/> ひかれ <input type="checkbox"/> 巻き込まれ <input type="checkbox"/> 衝突 <input type="checkbox"/> 挟まれ <input type="checkbox"/> 機械から転落 <input type="checkbox"/> その他（_____）
受傷者と受傷の程度	<input type="checkbox"/> 運転者 <input type="checkbox"/> 運転者以外（_____） <input type="checkbox"/> 死亡 <input type="checkbox"/> 負傷（内容：_____） <input type="checkbox"/> 無傷（物損） 負傷の場合：入院日数：_____日 通院日数：_____日

2. 事故の状況について

事故発生時は何をしていたか：
事故発生の経緯・状況：
考えられる原因：
現場見取図（調書の図のコピーを別添して頂いても結構です。可能であれば現場写真を添付してください）

3. 運転者について

性別・年齢・就農年数	<input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女 _____歳 就農しておよそ_____年くらい
年間農業従事日数	<input type="checkbox"/> ～29日 <input type="checkbox"/> 30～59日 <input type="checkbox"/> 60～99日 <input type="checkbox"/> 100～149日 <input type="checkbox"/> 150日～
運転免許の種類（複数可）	<input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 大型 <input type="checkbox"/> 小型特殊 <input type="checkbox"/> 大型特殊 <input type="checkbox"/> けん引 <input type="checkbox"/> なし
乗トラおよび事故機の運転経験年数	乗トラ：およそ_____年 事故機：およそ_____年
事故時の健康状態や服装	（特記事項あれば）

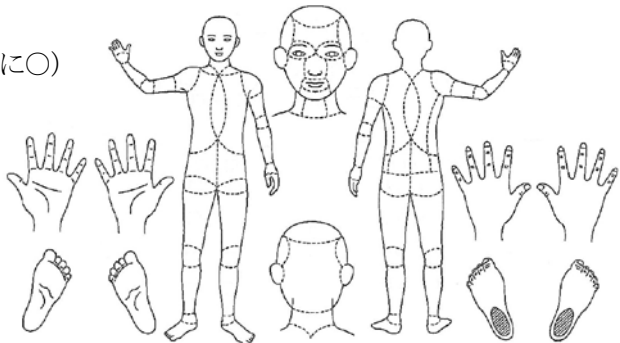
4. 現場の状況について

発生場所 (転落の場合は転落直前の場所)	所在地(可能な範囲で): _____ 種別: <input type="checkbox"/> 道路 <input type="checkbox"/> 圃場 <input type="checkbox"/> 圃場進入路 <input type="checkbox"/> その他( )
現場の状況 (道路や圃場進入路で発生した場合)	作目(移動時の場合は移動元/先): _____ 路面の状態: <input type="checkbox"/> 舗装路 <input type="checkbox"/> 未舗装路( <input type="checkbox"/> 砂利 <input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 草 ) 道幅: _____m 傾斜: <input type="checkbox"/> 急 <input type="checkbox"/> 緩 <input type="checkbox"/> 無 / <input type="checkbox"/> 上り <input type="checkbox"/> 下り 周囲の段差や溝: <input type="checkbox"/> あり(高さ: _____m) <input type="checkbox"/> なし
現場の状況 (圃場で発生の場合)	作目: _____ 圃場の種類: <input type="checkbox"/> 水田(湛水・乾田) <input type="checkbox"/> 畑 <input type="checkbox"/> 果樹園 <input type="checkbox"/> ハウス内 <input type="checkbox"/> 草地 <input type="checkbox"/> その他( ) 圃場の傾斜: <input type="checkbox"/> 急 <input type="checkbox"/> 緩 <input type="checkbox"/> 無 / <input type="checkbox"/> 上り <input type="checkbox"/> 下り 周囲の段差や溝: <input type="checkbox"/> あり(高さ: _____m) <input type="checkbox"/> なし

5. 事故機について

メーカー・型式名 (写真を別添でも可)	メーカー: _____ 型式名: _____
馬力(上記がわかれば不要)	_____ PS
安全キャブ・フレームの種類と状態	<input type="checkbox"/> 安全キャブ <input type="checkbox"/> 2柱式安全フレーム <input type="checkbox"/> 4柱式安全フレーム <input type="checkbox"/> なし 2柱式フレームの場合: <input type="checkbox"/> 立てていた <input type="checkbox"/> たたんでいた
シートベルトの有無と装着の状態	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし ありの場合: <input type="checkbox"/> 装着していた <input type="checkbox"/> 装着していなかった
事故時の速度段	<input type="checkbox"/> 前進 <input type="checkbox"/> 後進 速度段: _____
事故時の左右ブレーキ連結の有無	<input type="checkbox"/> 連結していた <input type="checkbox"/> 連結していなかった
作業機装着の有無と種類・メーカー 型式名(写真を別添でも可)	<input type="checkbox"/> 装着あり <input type="checkbox"/> 装着なし 種類: _____ メーカー・型式名: _____
装着作業機の状態	<input type="checkbox"/> 駆動状態(PTOオン) <input type="checkbox"/> 停止状態(PTOオフ)

6. 受傷部位、その他

<p>受傷部位 (該当部に○)</p> 	<p>調査協力:</p> <input type="checkbox"/> 当事者 <input type="checkbox"/> 当事者の家族等 <input type="checkbox"/> JA指導員等 <input type="checkbox"/> JA共済担当 <input type="checkbox"/> 都道府県警 <input type="checkbox"/> 救急・消防 <input type="checkbox"/> 地元自治体 <input type="checkbox"/> 他農家・近所 <input type="checkbox"/> その他( )
備考(自由記載)	



参考2 刈払機事故調査票

(独) 農研機構・生物系特定産業技術研究支援センター

事故調査票<刈払機>

調査年月日：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日 所属・氏名：\_\_\_\_\_

1. 発生状況について

発生推定年月日、時刻 および天候	_____年 _____月 _____日 午前・午後 _____時____分頃 <input type="checkbox"/> 晴れ <input type="checkbox"/> 曇り <input type="checkbox"/> 雨 (強・中・弱) <input type="checkbox"/> 風 (強・中・弱)
事故の種別	<input type="checkbox"/> 刃の接触 <input type="checkbox"/> 作業者の転落 <input type="checkbox"/> 作業者の転倒 <input type="checkbox"/> 巻き込まれ <input type="checkbox"/> 飛散物 (ゴミ、小石、破片等) <input type="checkbox"/> 火傷 <input type="checkbox"/> その他 ( )
受傷者と受傷の程度	<input type="checkbox"/> 機械使用者 <input type="checkbox"/> 機械使用者以外 ( ) <input type="checkbox"/> 死亡 <input type="checkbox"/> 負傷 (内容: ) <input type="checkbox"/> 無傷 (物損) 負傷の場合：入院日数：_____日 通院日数：_____日

2. 事故の状況について

事故発生時は何をしていたか：
事故発生の際の経緯・状況：
考えられる原因：
現場見取図 (調書の図のコピーを別添して頂いても結構です。可能であれば現場写真を添付してください)

3. 作業者について

性別・年齢・就農年数	<input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女 _____歳 就農しておよそ_____年くらい
年間農業従事日数	<input type="checkbox"/> ～29日 <input type="checkbox"/> 30～59日 <input type="checkbox"/> 60～99日 <input type="checkbox"/> 100～149日 <input type="checkbox"/> 150日～
刈払機および事故機の使用経験年数	刈払機：およそ_____年 事故機：およそ_____年
事故時の健康状態や服装	(特記事項あれば)

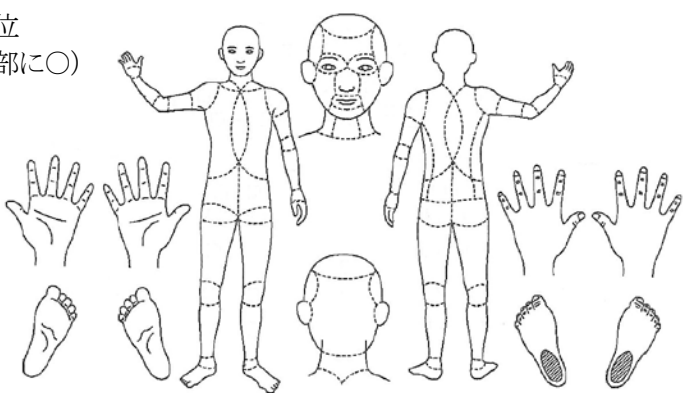
4. 現場の状況について

発生場所	所在地（可能な範囲で）： _____ 種別： <input type="checkbox"/> 圃場畦畔 <input type="checkbox"/> 道路路肩 <input type="checkbox"/> 果樹園 <input type="checkbox"/> 山林 <input type="checkbox"/> 自宅・作業場 <input type="checkbox"/> その他（ _____ ）
現場の状況 （刈払作業中の事故の場合。足元の状態については複数回答可）	作目（ほ場内／周辺の場合）： _____ 足元の状態： <input type="checkbox"/> すべりやすい <input type="checkbox"/> 凸凹が大きい <input type="checkbox"/> 小石などが多い <input type="checkbox"/> その他（ _____ ） 足元の傾斜： <input type="checkbox"/> 急 <input type="checkbox"/> 緩 <input type="checkbox"/> 無 / <input type="checkbox"/> 上り <input type="checkbox"/> 下り 周囲の段差や溝： <input type="checkbox"/> あり（高さ： _____ m） <input type="checkbox"/> なし

5. 事故機について

メーカー・型式名 （写真を別添でも可）	メーカー： _____ 型式名： _____
種別	<input type="checkbox"/> 肩掛式 <input type="checkbox"/> 背負式
肩掛ベルト種別（肩掛式の場合）	<input type="checkbox"/> 腰ベルト付き <input type="checkbox"/> 腰ベルトなし
ハンドルの種類	<input type="checkbox"/> Uハンドル <input type="checkbox"/> ループハンドル <input type="checkbox"/> ツングリップ <input type="checkbox"/> その他（ _____ ）
スロットル構造の種類	<input type="checkbox"/> 固定式 <input type="checkbox"/> トリガー式
飛散物防護カバーの状態	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 位置をずらしていた <input type="checkbox"/> 外していた
刈刃の種類	<input type="checkbox"/> チップソー <input type="checkbox"/> 丸鋸刃・笹刈刃 <input type="checkbox"/> ナイロンカッター <input type="checkbox"/> その他（ _____ 枚刃・ _____ ）
顔面の保護具	<input type="checkbox"/> 保護めがね <input type="checkbox"/> フェイスシールド <input type="checkbox"/> 装着していなかった
体の保護具	<input type="checkbox"/> 保護エプロン <input type="checkbox"/> 装着していなかった
足・足元の保護具	<input type="checkbox"/> すね当てのみ <input type="checkbox"/> 安全靴・安全長靴のみ <input type="checkbox"/> 上2点とも装着 <input type="checkbox"/> 装着していなかった
腕・手の保護具	<input type="checkbox"/> 作業手袋のみ <input type="checkbox"/> 腕カバーのみ <input type="checkbox"/> 上2点とも装着 <input type="checkbox"/> 装着していなかった

6. 受傷の種類と部位、その他

<p>受傷部位 （該当部に○）</p> 	<p>調査協力：</p> <input type="checkbox"/> 当事者 <input type="checkbox"/> 当事者の家族等 <input type="checkbox"/> JA 指導員等 <input type="checkbox"/> JA 共済担当 <input type="checkbox"/> 都道府県警 <input type="checkbox"/> 救急・消防 <input type="checkbox"/> 地元自治体 <input type="checkbox"/> 他農家・近所 <input type="checkbox"/> その他（ _____ ） <p>備考（自由記載）</p>
---	---

参考3 ミクロ分析マトリクス案

SHEL	Haddon Matrix		事故発生前			事故発生時			事故発生後		
	項目(該当するものに○)	件数	該当内容(記載例)	項目(該当するものに○)	件数	該当内容(記載例)	項目(該当するものに○)	件数	該当内容(記載例)		
L	単独作業 疲労、体調不良 高齢(10歳以上) 行動の周知不足 作業の熟練不足 適切な作業への意識が低い		作業、負傷、健康不足、長時間・連日の作業後 警戒への行動予定の伝達が不十分 作業従事経験が小さい 無理な、危険な作業量、自覚過剰 定額時限、危険部の把握が習慣化されていない 場所の点検、整備、改善が習慣化されていない 作業方法の点検、改善が習慣化されていない 無理な作業日程 講習会参加、危険場所の把握が不十分 日帰りの外出や作業予定の連絡習慣がない	焦り 過信、無理な作業 防護具の着用不十分 衣服の不適切な着用 安全作業への集中の欠如		作業後の予定、降参前、日没前 慣れによる危険判断、人や機械の能力を超えた作業 ヘルメット、保護眼鏡 袖をためない、可動部付近で手、手ぬぐい よそ見、考え事	負傷度合の誤判断		治療が遅れて状況悪化		
L-S	場所の安全管理不足 作業方法の安全管理不足 不適切な作業日程の策定 正しい安全管理の教育体制不足 事故時の連絡/確認体制不足		機械/施設の無効化 安全性や操作性の低い機械/施設 操作性に不慣れ 操作技量不足(資格等)	とっさの操作ミス 操作装置の誤作ミス 危険部位への接近、接触 危険部位の非停止 不適切な機械取扱 安全機能の不適切使用 手元、足元の不注意 安全機能の故障、不具合 真ににくい方向(死角)への移動 機械/施設の不可視な故障		ハンドヘルドやレバーの誤操作、過剰の操作、ペダル踏み間違い 速度超過運転、不要時の作業部や始動、ブレーキ非運用 列への接触、手こぎで必要以上に手を入れる エンジンが稼働したまま点検、清掃 刃や右側で刃を作業、冷加前にラジエーター開放、絞めた配管 シートベルト非着用、ROPs折り畳み 機械や部品から滑って転倒/転落 ブレーキが効かなくなる、急止距離が短くなる 後退時、作業側に隠れる部分 何かが当たって/巻き込まれる	救助連絡手段の確保不足 救急対応の教育不足		後遺症等の不携帯 不適切、十分な救急対応		
L-H	天候の悪条件 気温、湿度の悪条件 明るさが不十分 場所の狭さ(線、物への距離) 場所の取組、滑り易さ 場所の傾斜、段差、凹凸 場所の状況がわかりにくい 障害物(枝、構造物等)の存在		雨の急激による環境悪化 直の前通多湿、冬の低湿 日没前、日入後、悪天候 隣の低い建物の遮り、法面より降りての風回 ぬかるみ、河床、暗渠、工事 急な崖道や進入路、車道の乗り換え、非舗装路面 積雪等で踏切や歩道幅が不明瞭 邪魔な木の枝、幹、葉、カワスの柱、袋	適正範囲外への逸脱、接触 条件が悪い場所への進入 手元、足元の不注意		住環境、路肩、支柱、壁面に沿った倒壊、接触 軟弱な滑りやすい周りにいる場所 よく見ていなかった、路面確認不足で転倒/転落	負傷度合の誤判断		治療が遅れて状況悪化		
L-L	他作業者との連携不徹底 他者への注意喚起 当事者の行動の把握不足		作業手順や連絡方法、危険性の共有不足 反行係、低速度マース、暴動 警察による当事者の予定の把握が不十分	当事者の他者への不注意 他者の当事者への不注意 勝手な行動		周囲確認、警備等の不足 危険行動の認知不足 当事者、他者が予想できない行動	負傷度合の誤判断		治療が遅れて状況悪化		

## 4. 乗用型トラクターの片ブレーキ防止装置の開発

特別研究チーム（安全）

志藤博克、積 栄、岡田俊輔

塚本茂善、皆川啓子、原田一郎

杉浦泰郎、土師 健、堀尾光広、山崎裕文

高橋弘行

株式会社 I H I シバウラ

井関農機株式会社

株式会社クボタ

三菱農機株式会社

ヤンマー株式会社

【摘要】乗用トラクタの転落転倒事故の原因のひとつである片ブレーキの誤操作を防止する装置の試作1号機について、ロータリ作業および農道での走行を行うほ場試験を実施し、片ブレーキの操作性とブレーキ連結の確実性等を評価した。試験で明らかになった課題に基づいて操作方法の絞り込みを行い、試作2号機を製作した。また、試作機の評価方法についても検討を加え、プラウおよびロータリ作業を行うほ場試験を実施して、その妥当性を確認した。

### 1. 目的

乗用トラクタの転落転倒死亡事故は農機事故の約3割を占める。その原因の一つとして左右ブレーキペダルの非連結が挙げられる。非連結状態で急ブレーキを踏むと思わぬ急旋回が生じ、転落転倒の重大死傷事故につながる場合がある。そこで、この種の事故を未然に防止するための装置を開発する。今年度は、昨年度製作した試作1号機をロータリ作業等に供試して、片ブレーキの操作性および急制動時のブレーキ連結の確実性等について課題を抽出し、これに基づいて試作2号機を製作する。また、試作機の評価方法について、より適切に被験者の評価を把握するため再検討する。

### 2. 方法

- 1) 附属農場にて、試作1号機（右足解除方式3種類、左足解除方式3種類、3ペダル方式、左手解除方式の計8種類）の片ブレーキ操作性を評価するため、各々13×16mの区画内でロータリ作業を行い、旋回、幅寄せ、位置合わせ等を行った。1人1台あたりの作業時間は約15分であった。また、制動時の連結の確実性を確認するため、農道で微速走行中にランダムに出される合図により急制動操作を行った。被験者は、参画企業10名、生研センター研究職員8名、同農場職員3名、教育機関1名、農家4名の計26名とした。

評価方法は、片ブレーキ操作のし易さ、周囲の操作部等との干渉の有無、操作後の連結の確実性、制動操作時のペダル連結の確実性等の各確認項目について、それぞれ「普通」を3とした5段階で数値評価することとした。また、その他気がついた点についてコメントを自由記載することとした。評価項目について表1に示す。

試作1号機のA-1型（図1）は右足解除方式であり、左右のブレーキペダルがそれぞれ左右にスライドする構造となっており、通常は連結された状態になっている。片ブレーキ操

作は、左右のブレーキペダルをそれぞれ左右へスライドさせてから踏み込んで行う。

同じく右足解除方式のD-1型(図2)は、左右のブレーキペダル上部に配置した解除ペダルを下方に操作した上でブレーキペダルを踏み込むと片ブレーキ操作ができる。足を離せば左右のブレーキペダルは連結される。

F-1型(図3)も右足解除方式で、左ブレーキペダルの左側、右ブレーキペダルの右側に配置した解除レバーをそれぞれ左右にスライドさせてからブレーキペダルを踏み込むと片ブレーキ操作ができ、足を離せば左右のブレーキペダルは連結される。

B-1a型(図4)は左足解除方式であり、左足踵付近に配置した解除ペダルを踏むと左右ブレーキ連結が解除され、片ブレーキ操作が可能となる。解除ペダルを踏み続ければ片ブレーキのポンピング操作も可能である。

C-1型(図5)およびE-1a型(図6)も左足解除方式で、解除ペダルが前方に配置されている。C-1型の解除ペダルはダッシュボード左側に配置され、上から踏むタイプであり、E-1a型の解除ペダルは、ダッシュボードとクラッチペダルの中間付近に位置しており、前へ倒すタイプである。これらも解除ペダルを踏み続ければ片ブレーキのポンピング操作が可能である。

E-1b型(図7)は3ペダル方式で、小ぶりの片ブレーキ用ペダル2つと横に長い制動用ペダルの3つから構成されており、左側前方の解除ペダルを踏むと片ブレーキ用ペダルが左右別々に操作可能になる。そうした場合でも制動用ペダルを踏めば、解除ペダルの操作の有無によらず左右両輪に制動がかかるようになっている。

B-1b型(図8)は左手解除方式で、前後進切り替えレバーを手前に持ち上げるとブレーキ連結が解除されるようになっている。

試作1号機の概要について表2に示す。

- 2) ほ場試験で抽出した試作1号機の課題に基づき、試作2号機の仕様を検討し、製作した。
- 3) ほ場試験を通して評価方法の課題を抽出し、再検討した上で、参画企業担当者を中心とした13名の被験者により試作2号機でプラウとロータリ作業を行うほ場試験に適用し、その適否を確認した。

表1 試作1号機の評価項目

片ブレーキの操作性
・連結解除操作自体の容易さ
・連結解除の確実性
・片ブレーキ操作終了後の連結の確実性
・他の操作との重複による煩雑性
・その他の不具合等
急制動時の連結の確実性
・制動操作の容易さ
・操作前の連結の確実性
・操作中の連結の確実性
・足と装置等との干渉
・その他の不具合等



図1 右足解除方式（A-1型）

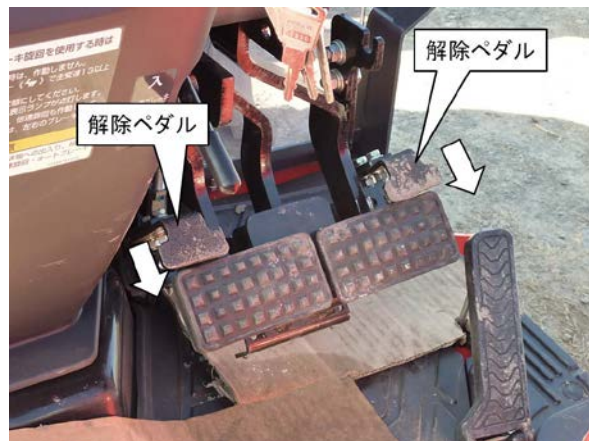


図2 右足解除方式（D-1型）

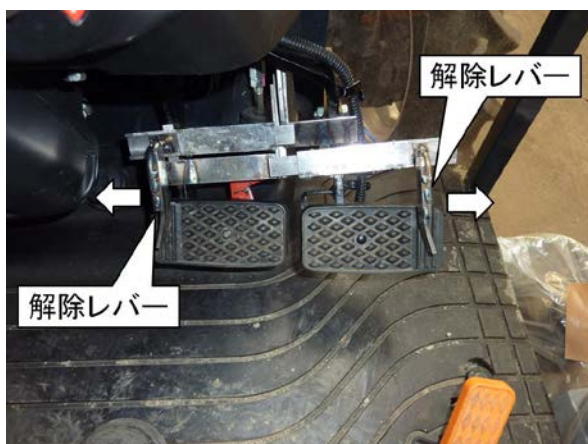


図3 右足解除方式（F-1型）



図4 左足解除方式（B-1 a型）



図5 左足解除方式（C-1型）



図6 左足解除方式（E-1 a型）



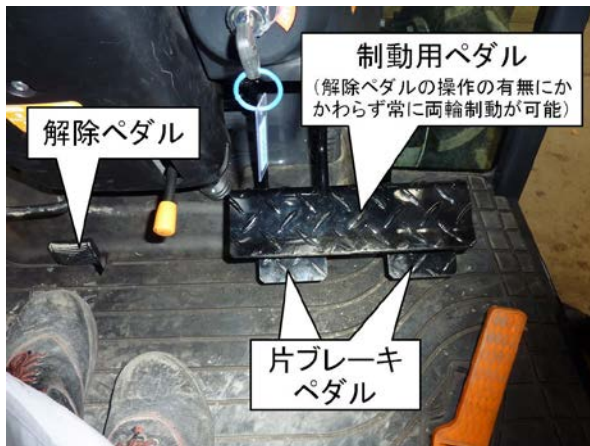


図7 3ペダル方式 (E-1b型)



図8 左手解除方式 (B-1b型)

表2 試作1号機の概要

名称	操作方式	機関出力	ブレーキアーム基部の所在
A-1	右足解除	16kW	フットプレート下
D-1	同 上	25kW	ダッシュボード内
F-1	同 上	27kW	同 上
B-1a	左足解除	25kW	同 上
C-1	同 上	32kW	同 上
E-1a	同 上	30kW	同 上
E-1b	3ペダル	27kW	同 上
B-1b	左手解除	25kW	—

### 3. 結果

#### 1) ほ場試験の結果

試作機の操作性は従来の片ブレーキ操作よりも容易になることはないとの判断から「普通」を3とせず5とした被験者の回答が複数混在しており、そのように判断した被験者をすべて特定することができなかつたため、当初意図していた数値評価を行うことができなかった。

片ブレーキの操作性についての被験者からのコメントを集約すると、右足解除方式と左足解除方式の評価はほぼ互角であったが、3ペダル方式と左手解除方式では、他の方式に比べて操作の煩雑性や誤操作の多さへの指摘が多かつた。3ペダル方式については、「片ブレーキ用ペダルの間隔が広く、間に足が挟まる」「制動用ペダルと片ブレーキ用ペダルの間隔が狭く、片ブレーキペダルが踏みにくい」といった意見が寄せられた。左手解除方式には、「レバーを引き上げた状態を維持するのが難しい」「ハンドル操作をしながらではやりにくい」「左旋回操作をしながらの解除操作では、レバーをニュートラル位置にしてしまう」といった意見が寄せられた。

急制動時の連結の確実性については、右足解除方式のいずれについてもブレーキ連結が外れることがあつた。特に靴に泥が付着して滑りやすい状態では左右ブレーキペダルの隣接部

分を確実に踏むことが困難であり、意図しないブレーキペダルのスライド操作あるいは解除ペダルの操作を行ってしまうことが顕著であった。それ以外の方式では急制動時に連結が外れることは確認されなかった。

なお、右足解除方式と左足解除方式のいずれについても操作力や操作量の大小、動作の円滑さ等に問題が指摘されており、いずれかの操作方式に絞り込むには至らず、まず、これらの課題を改善する必要が認められた。表3に右足解除方式、表4に左足解除方式への被験者のコメントをまとめた。

表3 右足解除方式への被験者のコメント

---

A-1	<ul style="list-style-type: none"><li>● 慣れれば使いやすそう。</li><li>● 長靴の底に土が付着して何回か滑った。</li><li>● 片ブレーキ操作時にペダルが左右に振れるので足が不安定になる。</li><li>● バックしながら左片ブレーキするのがやややりにくい。</li><li>● 左片ブレーキ操作時にダッシュボードに足が当たる。</li><li>● 解除したつもりでもされていないときが何度かあった。</li><li>● スライドさせる際、ペダル外側のかかり代が少ないため、足が滑る。</li><li>● 強く踏むと連結が解除されることがある。</li></ul>
D-1	<ul style="list-style-type: none"><li>● 使い易い。</li><li>● 簡単で良いと思う。右足だけで行えるのは良い。</li><li>● 同じ足で解除と片ブレーキを同時に行わなければならない。</li><li>● 右は操作しやすいが左はダッシュボードに当たって難しい。</li><li>● 連結が解除されたかどうかよくわからない。</li><li>● 意識して操作しないと確実にできず、慣れが必要。</li><li>● 解除部が小さいため目視しないと解除できない。</li><li>● 解除ペダルに土がつくと滑って片ブレーキしづらくなる。</li><li>● 右側ブレーキペダルを強く踏んだら連結が解除されることがあった。</li></ul>
F-1	<ul style="list-style-type: none"><li>● 右足だけの操作なので楽にできる。</li><li>● 意識して操作する必要があるが、慣れれば問題ない。</li><li>● 解除し損ねるときがあった。解除部を上から踏んでしまう。</li><li>● 右ブレーキを奥まで踏み込むと解除装置の金具に引っ掛かり戻らない。</li><li>● 右側ブレーキペダルを強く踏むと連結が解除されてしまうことがあり危険。</li></ul>

---



表4 左足解除方式への被験者のコメント

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 右足ばかり忙しくなるより、左右の足で操作を分散した方がやりやすい。</li> <li>● 「クラッチとは違う操作をしている」という感覚があり、クラッチと迷わない。</li> <li>● 長時間作業では左足を動かすのが一仕事になると思う。</li> <li>● 解除ペダル踏みやすい。</li> </ul>
B-1a	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ペダルが視界に入らないので踏み外すことがある。</li> <li>● 解除ペダルの位置が高く、いちいち足を持ち上げなくてはならないのがマイナス。</li> <li>● 解除ペダルが少し重い。</li> <li>● 左足かかと部にあるので思わず足が当たる。</li> <li>● 右のペダルがロックして戻らないときがある。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 簡単で良いと思う。</li> <li>● ペダル一つで操作解除できるのは簡単で良いと思う。</li> <li>● 長時間作業では左足を動かすのが一仕事になると思う。</li> <li>● 片ブレーキ操作後の連結は確実だった。</li> </ul>
C-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 両足を同時に持ち上げることになり不安定。</li> <li>● ハンドルチルトレバーとの踏み間違いがある。</li> <li>● 切り返し等、後ろを向いての作業でクラッチと間違えそうになった。</li> <li>● 解除ペダルをもう少し左へずらした方がやりやすい。</li> <li>● 解除側の足が狭い、ハンドルにあたる。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 右足ばかり忙しくなるより、左右の足で操作を分散した方がやりやすい。</li> <li>● 長時間作業では左足を動かすのが一仕事になると思う。</li> <li>● 片ブレーキ操作後の連結は確実だった。</li> </ul>
E-1a	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 左足が解除ペダルとクラッチを迷う。</li> <li>● ハンドルチルトレバーと踏み間違えることがあった。</li> <li>● 解除ペダルの角度がフロアから直角に近いため踏みづらい。</li> <li>● 解除ペダルを踏んだ状態で急にクラッチ操作したいとき、動作が遅れる。</li> <li>● 解除ペダルを踏んでも解除されないことがあった。</li> </ul>

## 2) 試作2号機の製作

試作1号機への被験者からのコメントに基づき、制動時の連結確実性と片ブレーキ操作性の向上を図った右足解除方式3種類、解除ペダルの大きさや操作力等を改善した左足解除方

式4種類の試作2号機を製作した。ベースとなるトラクタは試作1号機と同じである。

右足解除方式のA-2型(図9)は、左片ブレーキの操作性向上のため、左ブレーキペダルを8mm、右ブレーキペダルを5mm右へ移動した。また、片ブレーキ操作時の足の滑りを防ぐため、左右のブレーキペダルを従来のペダル踏面に対して、それぞれ約15°角度を付けた。さらに、急制動時の連結外れ等を防ぐため、ブレーキアーム回動部支点のガタを減らし、スプリングのバネ定数の見直しを行った。

同じく右足解除方式のD-2a型(図10)は、連結解除操作の確実性向上を狙い、連結解除ペダルを拡大するとともに、滑り止めに踏面に金属の突起を設けた。また、連結が解除されたことがオペレータにわかるよう、連結解除ペダルを操作すると電子音を発するよう改良を加えた。

右足解除方式のF-2型(図11)は、急制動時の連結外れの問題を解決するため、連結解除レバーと一体のサブペダルをブレーキペダル踏面上に配置し、オペレータがサブペダルを先に踏むと連結解除レバーが動作しない構造とした。

左足解除方式のB-2型(図12)は、連結解除ペダルの操作性向上を図るため、ペダルの高さや操作力を半減し、ペダルの位置を目視せずに操作できるようフットプレートの左後方隅に配置するとともにペダルの横幅を拡大した。

同じく左足解除方式のC-2型(図13)とE-2型(図15)は、連結解除操作時の円滑化を図るなど動作の確実性を高めた。D-2b型(図14)は、新たに提案された連結解除操作で、左足内側部で連結解除レバーを右へ回動することによって片ブレーキ操作が可能となる。

試作2号機では、道路走行時における万一の操作ミスによる片ブレーキ誤操作を防ぐため、いずれの方式にも連結解除機能の有効/無効を運転者の手で切り替えられる装置を追加した。この機能が無効にしておくと、連結解除ペダルやレバーが操作できない、あるいは操作しても連結解除できないようになっている。なお、B-2型については、この装置に代わり、機関回転速度一杯の状態でも10km/hを超える速度段に入れると解除ペダルがロックされる機能を設けた。



図9 右足解除方式(A-2型)



図10 右足解除方式(D-2a型)

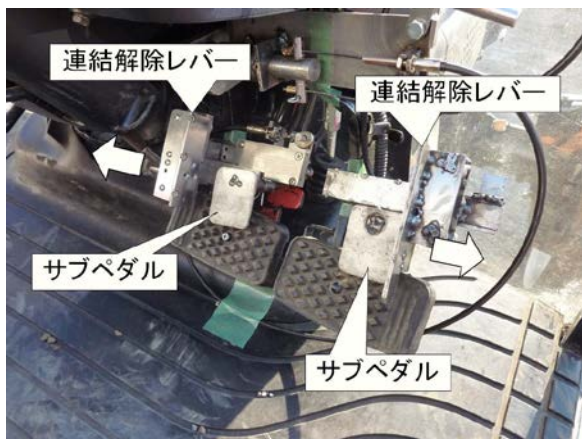


図 11 右足解除方式（F-2型）



図 12 左足解除方式（B-2型）



図 13 左足解除方式（C-2型）



図 14 左足解除方式（D-2b型）



図 15 左足解除方式（E-2型）

### 3) 試作機の評価方法の再検討

当初検討した評価方法では、前述のとおり、試作機の操作性は既存のブレーキ操作より優ることはあり得ないとの解釈から「普通」の基準を5とした回答が混在したため、公平な数値評価ができなかった。また、コメント記載内容が難解なものがあったり、被験者からは「限られた時間で他人にわかりやすく所感を書くのは困難」との意見も寄せられた。

そこで、片ブレーキ操作のし易さ等の各確認項目についての所感を試験中に被験者なりの表現で野帳に記載してもらった上で、試験終了後に被験者と相対で聞き取り調査を行い、各試作機を「実用レベルに達している」「改良により実用レベルに達する」「検討が必要」に

分類してもらう方法に改めた。

試験方法についても再検討を加えた。試験区は1区画を30×54mに拡大するとともに、作業時間を20分とした。その間、被験者は旋回、幅寄せ、位置合わせといった作業中の片ブレーキ操作を任意に行うとともに、走行時を想定した急制動操作も行うこととした。また、試乗する順番も、試作1号機の試験では順不同であったが、被験者を右足解除方式から先に乗るグループと左足解除方式から先に乗るグループに分け、同じ方式同士での比較を容易にするよう配慮した。

農道での急制動試験は、被験者には予め制動の合図が出ることがわかっているため、とっさの状態での操作を再現することが困難であり、自発的に急制動を想定した操作を行う場合と変わらないことが明らかになったため廃止し、ほ場内での作業と併せて行うこととした。

各参画企業から2名ずつ被験者を募り、この方法に基づいてプラウ作業（この場合の試験区は1区画8×55m）とロータリ作業によるほ場試験を行った結果、順調に進行させることができ、所要時間の見通しもつきやすくなったことが確認された。また、評価方法については、聞き取りのための時間を必要とし、回答を誘導しないよう訊ね方に注意を要したが、その場で被験者の意見を確認しながら把握することができたことから、以後の試験ではこの評価方法を用いることとした。

なお、試作2号機のほ場試験は続行中であり、今後、課題を抽出して最終試作に反映させる予定である。

#### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

- 1) 農業者や研修教育機関の教官等による試作2号機の評価を行い、課題を抽出する。
- 2) 操作性、安全性、コスト等に加え、ブレーキアーム基部の所在の違いやフットプレート広さの違いへの対応の可否等を勘案しつつ、操作方式を絞り込みについて検討する。
- 3) 上記に基づいて最終試作を行い、改良効果を確認し、実用化に向けて課題をまとめる。





## 5. 自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置の開発

特別研究チーム（安全）

志藤博克、積 栄、岡田俊輔

堀尾光広、山崎裕文、杉浦泰郎、土師 健

塚本茂善、皆川啓子、原田一郎、高橋弘行

井関農機株式会社

株式会社クボタ

三菱農機株式会社

ヤンマー株式会社

**【摘要】** 自脱コンバインの手こぎ作業時の巻き込まれ事故での重傷化を防止するため、フィードチェーンを即座に停止する装置を開発する。昨年度、製作した試作1号機のフィードチェーン停止距離を測定し、開発要件を満たすことを確認した。また、こぎ胴カバー開放レバーの操作力を測定するとともに、女性被験者のこぎ胴カバー開放レバー持ち上げ力を測定し、操作力の妥当性を検討した。さらに、緊急停止ボタン位置の高さを検討するとともに、これら検討結果に基づいて試作2号機を製作した。

### 1. 目的

自脱コンバインでは、原動機の緊急停止装置の装備により、脱穀部での巻き込まれ事故における通院が必要なケガの発生割合が15%と、未装備のものでの発生割合の50%から大幅に低減している。しかし、装置の作動からフィードチェーンが停止するまでの間に巻き込まれた手がこぎ胴に達する危険性が高いことから、入院が必要なケガの発生割合は未装備の18%に対して15%に止まっている。そこで、緊急停止ボタンを操作するとフィードチェーンが即座に停止する装置を開発する。今年度は、試作1号機の機能を確認し、課題を抽出するとともに、こぎ胴カバー開放レバー操作力の推奨値および緊急停止ボタン高さの推奨範囲を検討し、試作2号機を製作する。

### 2. 方法

#### 1) フィードチェーン停止距離の測定

前年度製作した4台の試作1号機（A-1型～D-1型）のフィードチェーン停止距離を測定した（図1）。停止距離は、回転計（小野測器 EC-2100）で緊急停止ボタンの操作から停止までの駆動スプロケットの回転回数を測定し、スプロケット歯数とチェーンピッチから算出した。この停止距離が噛み込み点からこぎ胴突起物前端までの距離（以下、基準距離という）以内に収まるかどうかを判定した。試験は、手こぎ作業時の定格機関回転速度、無負荷状態でいき、停止距離は3回測定した値の平均値とした。

なお、噛み込み点は昨年度定義したとおり、フィードチェーンのプレート水平部から挟やく桿下端までの距離が20mmになるところとした。

#### 2) 試作1号機のこぎ胴カバー開放レバーの操作力の測定

各試作機のこぎ胴カバー開放レバー（以下、レバー）の操作力（ロック解除に要する力）をプッシュプルゲージ（IMADA DS2-500N）で測定した。測定位置は、レバー握りの中央部と

し、3回測定したときの平均値を操作力とした。データがばらついた場合は、5回測定し、最大値と最小値を切り捨てて平均値を求めた。

### 3) 女性被験者のこぎ胴カバー開放レバー持ち上げ力の測定

平均年齢 48 歳 (20~63 歳)、平均身長 159cm (147~170cm) の女性被験者 40 名のこぎ胴カバー開放レバー持ち上げ力 (以下、レバー持ち上げ力という) を測定した。測定には、ロードセル (共和電業 LSM-B-SA1、容量 500N) を内蔵した測定装置 (図 2) を試作して用いた。握りの高さによってレバー持ち上げ力は異なると想定されたため、顔より低い位置から高い位置までの複数の位置で測定した。具体的には、試験装置の把持部の高さは、被験者の肩峰高に肘頭・握り軸距離を加えた高さを基準点とし、その±5、±10、±15%の高さを含めた計 7 点とした (図 3)。把持部の高さを変えるため、レバー持ち上げ力測定装置は原則として固定とし、被験者を昇降台に載せて調節した (図 4)。測定は左右それぞれの腕で行った。

なお、肩峰高、肘頭・握り軸距離は、「設計のための人体計測マニュアル」(人間生活工学研究センター) に準じて被験者ごとに測定した。

### 4) 緊急停止ボタン位置の高さの検討

「日本人の人体寸法データブック 2004-2006 (人間生活工学研究センター)」を基に緊急停止ボタン高さの推奨範囲を検討した。

### 5) 試作 2 号機の製作

上記 1) ~ 4) の結果等に基づき、試作 2 号機の仕様を検討し、製作した。

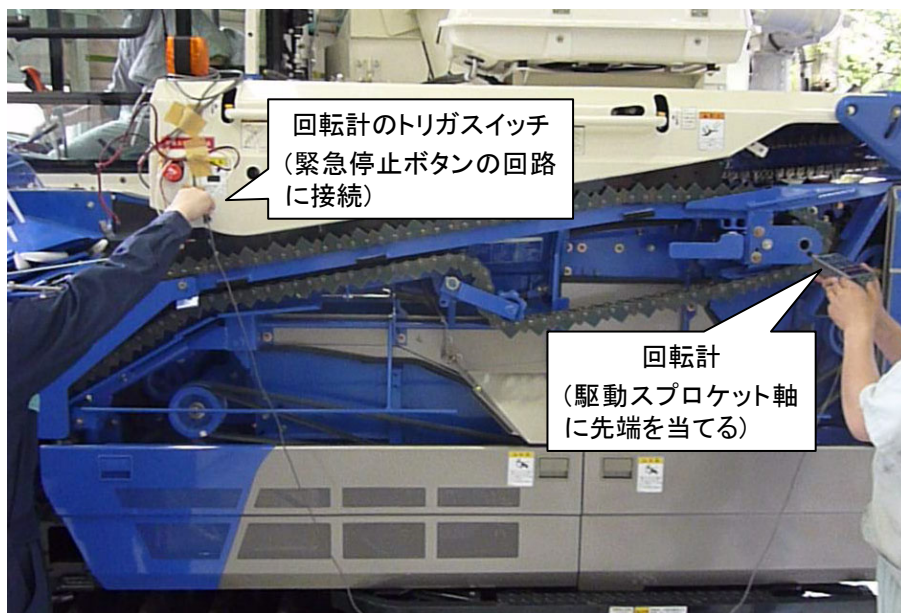


図1 フィードチェーン停止距離測定試験風景

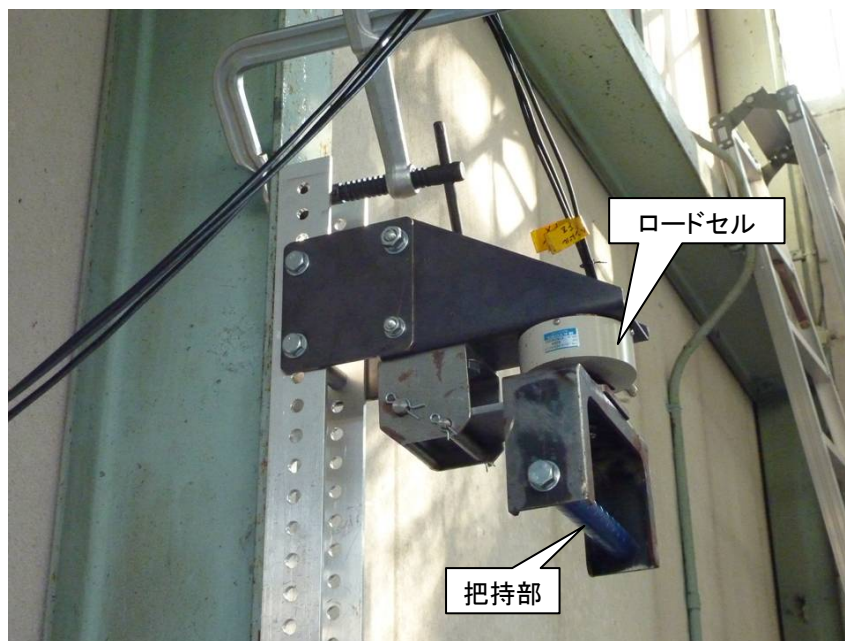


図2 レバー持ち上げ力測定装置

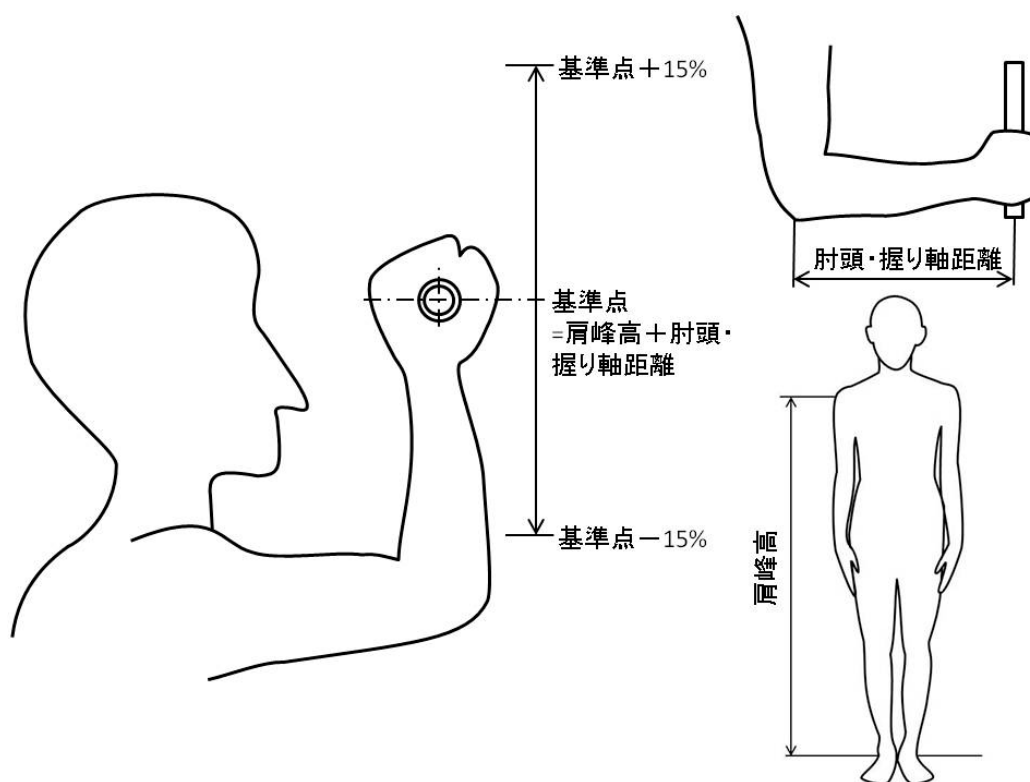


図3 レバー持ち上げ力測定時の把持部高さの設定



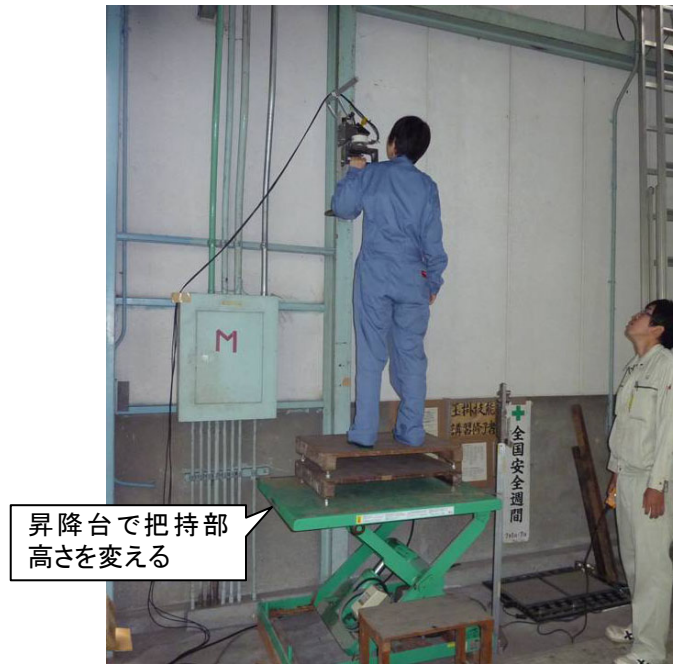


図4 レバー持ち上げ力測定試験風景

### 3. 結果

#### 1) フィードチェーン停止距離の測定

フィードチェーン停止距離は、A-1型～D-1型の各機とも基準距離以内に収まり、開発要件を満たすことが確認された(表1)。最も余裕があったA-1型では、基準距離264mmに対して停止距離68mm、こぎ胴突起物前端までの残存距離は196mmであった。しかし、この場合でもこぎ胴突起物前端到達まで時間にして約0.4s(停止までのフィードチェーン搬送速度が一定と仮定)しか余裕がないことが明らかとなった。そのため、フィードチェーン動力遮断機構の動作の迅速化による停止距離のさらなる短縮、フィードチェーン搬送速度の低減、基準距離の延長等を検討する必要があると考えられた。

表1 フィードチェーン停止距離測定結果 (n=3)

	A-1 (6条)	B-1 (6条)	C-1 (5条)	D-1 (4条)
基準距離(mm)*1	264	194	148	239
停止距離(mm)	68	119	141	227
残存距離(mm)	196	75	7	12
余裕時間(s)	0.4	0.2	0.0	0.0
搬送速度(mm/s)	500	520	520	490

\*1 図面上で算出した値

#### 2) 試作1号機のこぎ胴カバー開放レバーの操作力の測定

各試作機のレバー操作力は、平均146N(98~189N)だった(表2)。ちなみに、2条刈か

ら6条刈までの市販機20型式のレバーの操作力を調査した結果では、平均98N(31~321N)であったが、4条刈以上の平均値は122N(31~321N)であったことから、試作1号機のレバーの操作力は市販機とほぼ同等であることが確認された。

表2 試作1号機のごぎ洞開放レバー操作力測定結果

	A-1型	B-1型	C-1型	D-1型
操作力(N)	189	98	185	112
標準偏差	3.2	3.5	7.0	9.5

3) 女性被験者のレバー持ち上げ力の測定

女性被験者のレバー持ち上げ力は、基準点高さ(1460~1750mm)の前後で最小となる傾向を示し(図5)、利き腕と反対の腕での最小値の平均は85Nであった。しかし、平均値を超えている被験者は全体の48%であり、ほとんどの被験者が出し得る力を考慮すると5パーセンタイル値で56N、10パーセンタイル値で58Nとなった。また、実際の女性農業者平均年齢は被験者の平均年齢よりも高く、持ち上げ力も今回の結果を上回る可能性は低いことを考慮すると、レバー操作力は50~60N程度とすることが望ましいと判断された。

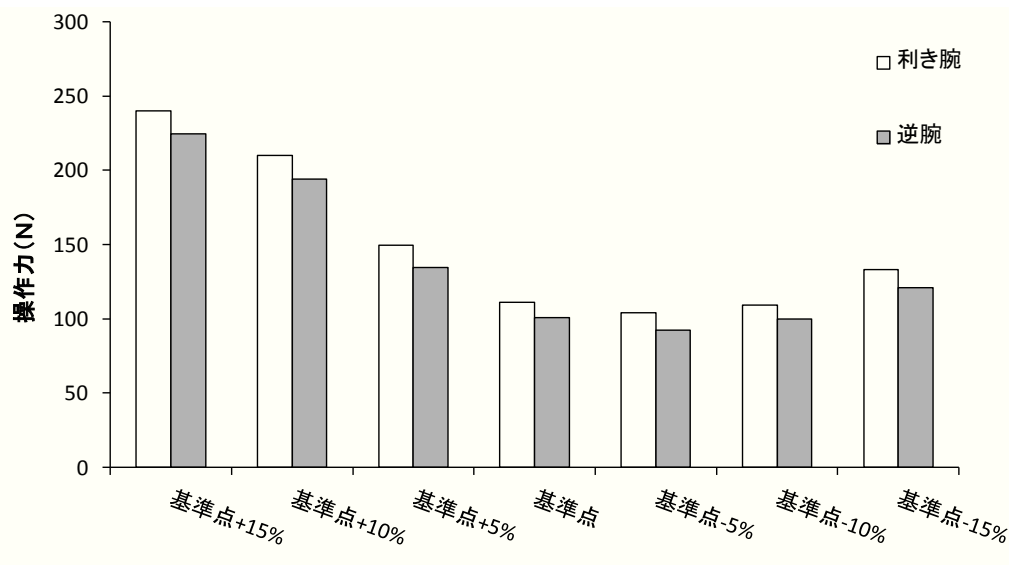


図5 女性被験者のレバー持ち上げ力測定結果

4) 緊急停止ボタン位置の高さの検討

緊急停止ボタン高さの推奨範囲は、65~74歳の女性の上肢挙上指先端高の5パーセンタイル値1766mm(身長142cmの女性が手を挙げた指先の高さ)および75~79歳での5パーセンタイル値1709mm(身長139cm)を参考として検討した。緊急停止ボタンを手の中央部(中指の付け根付近)で押すことを想定すれば、正確には手長から手掌長を引いた値(およそ中指の長さに該当)を上肢挙上指先端高から引いた値を上限值とするのが望ましい。こうした場合、この値は65~74歳では1697mm、75~79歳では1641mmとなる。しかし、各試作機の緊急停止ボタン中心位置の地上高は1540~1650mmであり、市販機の中には1700mmを超えるものもある現状を考えると、1641mmを一つの目安とするには大型のコンバインにとって構造上、

緊急停止ボタンの配置が困難になる弊害が生じることが懸念された。また、実際の作業では、作業者の立ち位置が一樣でないことや畦等の地表面の高低も様々に条件が変化することから、mm 単位で厳しく規制することにはあまり大きな意味を持たないと判断された。

以上を総合的に判断した結果、上肢挙上指先端高のみを参考値とした場合でも、少なくとも作業者の指先が緊急停止ボタンに届くものと判断され、緊急停止ボタンの上端が地上高 1700mm 以内にあることを推奨範囲とする（図 6）ことが望ましいとの結論に至った。

なお、本課題における開発要件では、前述のように mm 単位で厳しく規制することはせず、あくまで推奨範囲とするにとどめ、安全鑑定の基準とは切り離して位置付けるものとする。

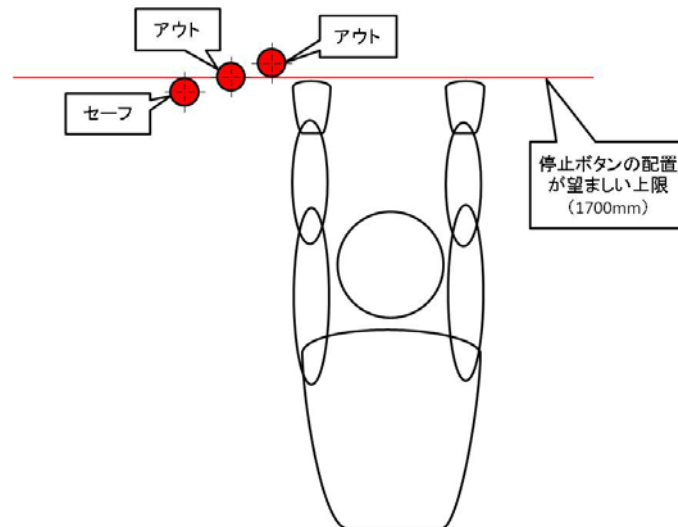


図 6 緊急停止ボタン位置の高さの推奨範囲

#### 5) 試作 2 号機の製作

フィードチェーン停止距離は、各機とも基準距離以内に収まり、開発要件を満たすことが確認されたが、時間的余裕は少なく、挟まれた手をこぎ胴先端部からさらに手前で止める必要性が認められた。フィードチェーン停止距離の短縮化を図るためには、動力伝達部を遮断する制御系の動作速度を向上させることが考えられるが、向上したとしても時間的には僅かしか期待できない。また、フィードチェーンの搬送速度を低減することで慣性を抑えることも考えられるが、試作 1 号機ではすでに刈り取り作業時よりも搬送速度を落としており、さらに低減するには専用の変速段を新たに設ける必要に迫られコストアップに繋がる懸念がある上、脱穀性能への影響を考慮すると自ずと限度があると判断された。基準距離を拡大することによる余裕の確保についても、車体寸法等の制約から限界があり、期待される効果を得ることは困難と考えられた。

そこで、試作 2 号機にはこぎ胴停止機能を付加することとした。また、あらゆるコンバインに対してレバー操作力を 50~60N とすることは、作業中にロックが外れる可能性が懸念され困難であることから、緊急停止ボタンの操作でこぎ胴カバーあるいは挟やく桿が開放される機能を付加することとした。なお、動力遮断機構の動作速度についても、改善の余地がある部分について見直しを図り、フィードチェーン停止距離のさらなる短縮化をねらうこととした。

さらに、巻き込まれる危険を生じない方式も併せて検討することとした。すなわち、停止

したフィードチェーン上に稲束を置き、操作ボタンと手こぎ操作ハンドルを左右の手で同時に操作している間だけフィードチェーンが駆動し、どちらか一方から手を離すと停止する装置を試作することとした。

試作2号機の機能の概要を表3に、外観を図7～14に示す。

表3 試作2号機の機能の概要

A-2型	フィードチェーン即時停止、こぎ胴即時停止、こぎ胴カバー開放
B-2型	フィードチェーン即時停止、こぎ胴即時停止、挟やく桿開放
C-2型	フィードチェーン即時停止、こぎ胴即時停止、こぎ胴カバーロック解除（開放は手動）
運転席の作業レバーを入れただけではフィードチェーンは動かない	
D-2型	手こぎ操作ハンドルと手こぎ操作ボタンを操作するとフィードチェーンが動く どちらか一方から手を離すとフィードチェーンが即時停止する



図7 A-2型の外観



図8 A-2型の手こぎ部



図9 B-2型の外観



図10 B-2型の手こぎ部





図 11 C-2 型の外観



図 12 C-2 型の手こぎ部



図 13 D-2 型の外観



図 14 D-2 型の手こぎ部

#### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

- 1) 試作 2 号機の機能を確認し、必要に応じて改良を加える。
- 2) 市販化に向けて残された問題点を整理し、課題をとりまとめる。

#### 5. 参考文献

- 1) (社) 人間生活工学研究センター、『日本人の人体寸法データブック 2004-2006』、2009
- 2) 山崎裕文・岡田俊輔・堀尾光広・志藤博克・積栄：自脱コンバインこぎ胴開放レバーの操作力に関する基礎的研究、平成 24 年度農作業学会年次大会講演要旨、27-28、2013

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 機械化情報課)

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)  
頒価 388 円 (本体価格 370 円 + 消費税 5%)

---

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
生物系特定産業技術研究支援センター  
農業機械化研究所  
<http://www.naro.affrc.go.jp/brain/iam/index.html>

〒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25年7月12日