

第1回アグリ技術シーズセミナー「中国四国発！最新の農業技術」
2014.12.5 TKP神田ビジネスセンターANNEX

中山間の急傾斜法面の草刈作業を楽にする 小型除草ロボットの開発

近畿中国四国農業研究センター 企画管理部業務推進室長
長崎裕司

傾斜地園芸研究領域
中元陽一

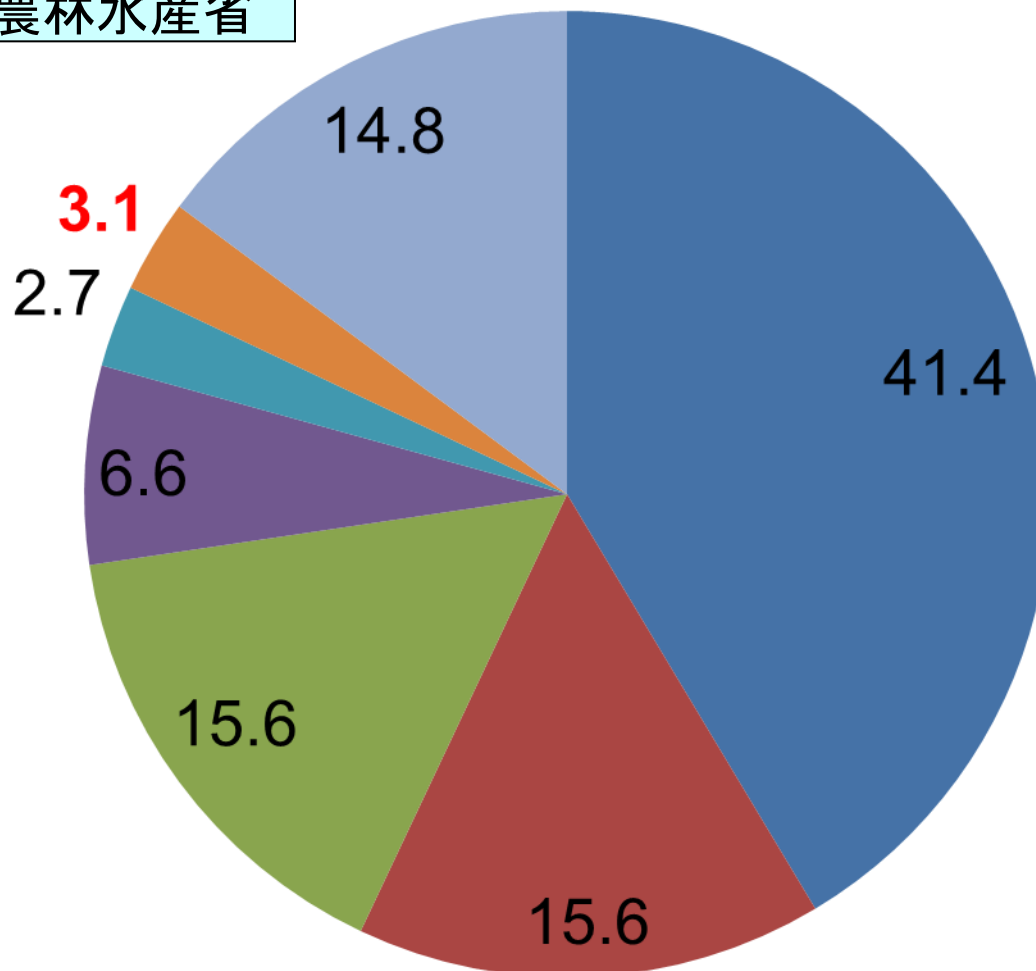
※本開発は（公財）新産業創造研究機構が中核機関である農水省委託アシストプロ「小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発（2010-2014）」で取り組んだ成果の一部を含む。

- 稲作を中心にした機械化の進展
 - 1945年：250時間／10a→2009年：27時間
- 水田畦畔などの草刈り作業は依然として人力
 - 圃場整備：整備前より長大な法面となる場合
 - コンクリート畦畔にして草刈り省略
- 刈払機による人力作業
 - 約50年前に開発
 - 小型軽量化が進み、高齢者・女性も利用
- 各種畦畔草刈機が開発され利用が進む

農業機械に係る死亡事故



- 死亡事故350件中、農業機械に係る件数は256件(73.1%)H24農林水産省



- 乗用型トラクタ
- 歩行型トラクタ
- 農用運搬車
- 自脱型コンバイン
- 動力防除機

図6 機種別・原因別割合

(%)

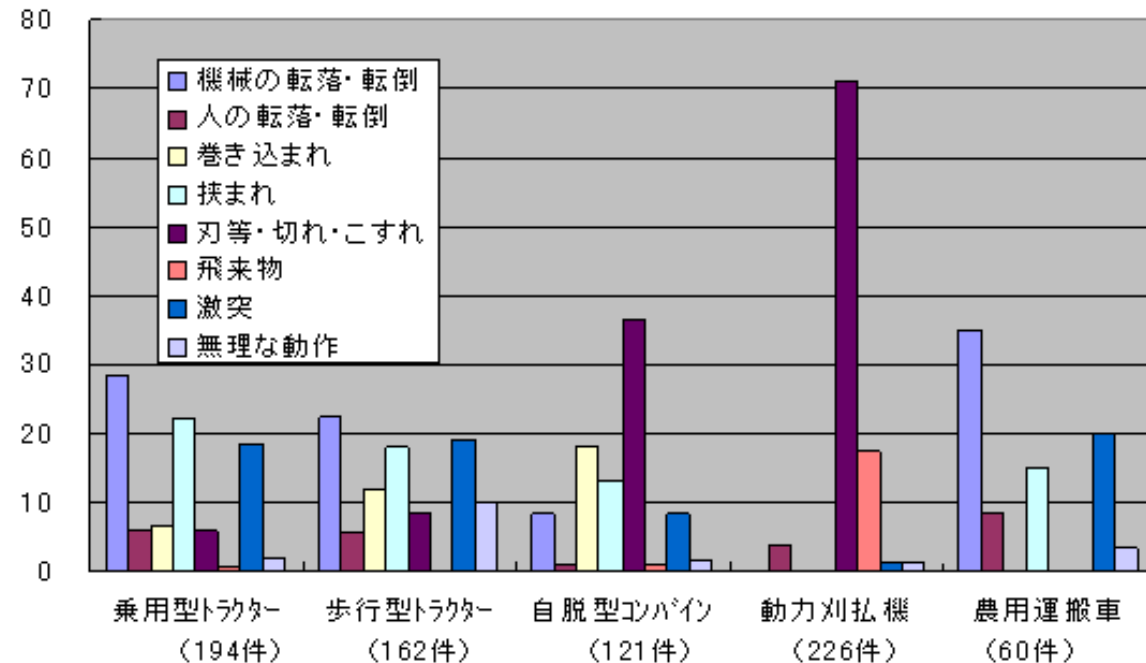
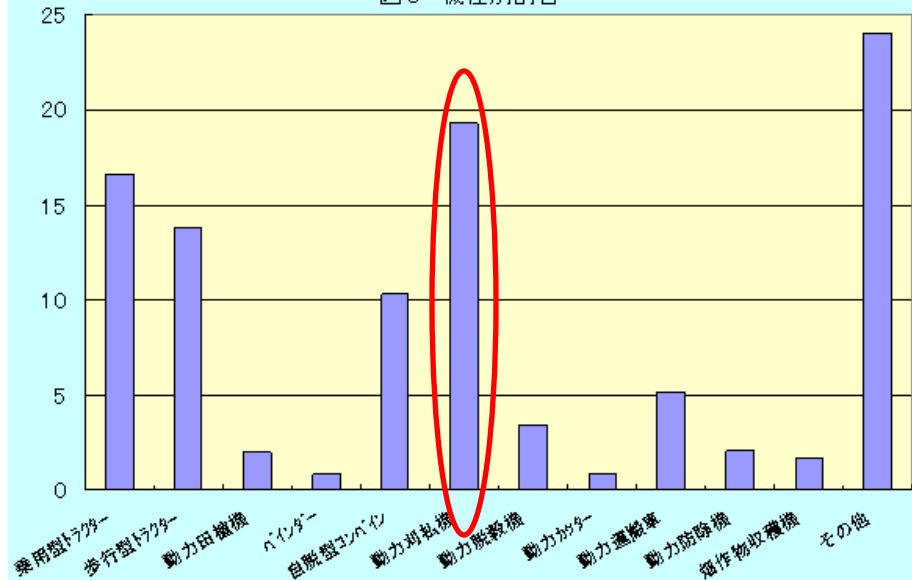


図8 機種別割合

(%)



農業機械事故情報 (H14農水省)

(生研センター農作業安全情報センターHP
<http://brain.naro.affrc.go.jp/anzenweb/>
 より抜粋)

- 農林水産省の農業機械傷害事故調査(傷害共済等の関係書類から全国で発生した農業機械作業事故に該当するものについて抽出)
- 刈払機が19%を占め最も多い

畦畔草刈りが抱える問題

(食料・農業・農村政策審議会 企画部会 第2回現地調査(2009年7月13日) 意見交換会(広島県世羅町)の議事概要から抜粋)

○生産者E

・法人の経営面積は、水田ばかりで26ha、...当地域の田の15%が畦畔であり、世羅町内では少ない方だが手間代が年間390万かかる。これは、当法人の売り上げ2,650万の15%強にあたり、肥料代を上回っている。当法人では、原則自分で畦草刈りを行うこととしているが、高齢化により刈れない者が増えている。

○茂木委員(全国農業協同組合中央会会長)

・畦草刈りの話が出ていたが、大変な重労働だ。私も長野県の中山間地なので、大変な傾斜地を刈っていた。今は、だいたい1枚が3反歩ずつにほ場整備されているが、ほとんどの田んぼが面積の1割が畦畔だ。朝1枚の田んぼを1時間ほど刈ただけでも腰にくるなど重労働だ。だから、1戸の農家で規模拡大するといっても、限度がある。私の地域では、3回の草刈りや水の見回りなりなどを考えると3haが限度かと思われる。

○生産者G

・琵琶湖周辺にいつてきた娘が言うには、あの辺りは山が見えないような平野で草刈り機を使っている人を見かけないのに、こちらでは朝から晩までビービー草刈りの音がしていると。中山間地では、草刈り、池の管理、水の管理のために、人がたくさん必要。

○古口委員(栃木県茂木町長)

・栃木の茂木町という人口1万5,000人の中山間地域の町からきた。中山間地域の声を、もっと伝えてほしい。以前、「どうする日本の農業」という番組があり、アナウンサーが、どうして耕作放棄地が増えてしまうかを検証しないと言ったが、先ほど茂木会長が言ったように、草刈りが大変なのが原因なのだ。

草刈省力化のための棚田整備

畦畔法面の省力管理のため、

- 中山間でも畦畔をコンクリートで舗装
- 草刈りのために幅25cmの作業道を設置する多段テラスを整備



コンクリート畦畔



多段テラスの設置

刈払機の歴史と主な機種



日本刈取機工業株式会社(現ニッカリ)が1959年に現在の刈払機の原型携帯用万能草刈機を開発



基本的な機能は変わらず
小型軽量化
エンジン高出力化
刈刃の改良(チップソー)

肩掛け式

背負い式



1本竿式

ループハンドル式

両手ハンドル式

利用場面に応じた草刈機開発 —(株)クボタの例—

クボタスイング式草刈機
カルモ Deluxe
 GC-K300D

クボタスイング式法面草刈機
カルマックス
 GC-K401EX
 GC-K501EX

さらに高効率に、さらに使いやすへ。
 斜面刈りが変わる！

法面草刈機
 小型タイプ、価格17万円～

クボタ畦畔草刈機
カルステージ
 GC603R・703R・703RD

さらに使いやすく、
 さらに作業がラクに。
**あぜ草刈は
 新たなステージへ**

畦畔草刈機
 2面刈、価格25万円～

クボタ芝刈機&雑草刈機
芝刈機 GC-L531
雑草刈機 GC-H651

芝刈りしながら
 同時に集草!

学校で
 工場で
 公園で

草を刈りながら
 短く粉碎!

休耕田で
 雑草地で

雑草刈機
 価格39万円～

クボタ農電スクエア>クボタ草刈機 ひろびろシリーズ
 (<http://www.jnouki.kubota.co.jp/jnouki/html/product/kanren/hirobiro/index.html>) より抜粋

法面草刈機の開発（1997年）



農研機構



- 現在市販されている法面草刈機のプロトタイプ
- 刈取機構：ロータリ式
- 走行機構：ラグ付き鉄車輪

- 作業者がハンドルを支えることで斜面でも安定した走行が可能となる



近中四農研における取組

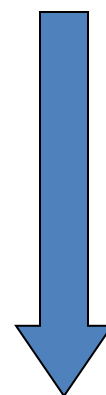


近中四農研で
2001年に開発



2本のロープでけん引する短法面用草刈機

大型法面用吊り下げ式草刈機



市販畦畔草刈機

市販機と同等
の軽労化効果
や作業精度を
有するものの
市販に至って
いない



市販法面草刈機

【乗用型草刈機】

- 乗車して楽に作業(比較的安全)
- ①の限界作業傾斜度は20度程度
- ②は40度近くまで作業可能だが、凹凸の少ない河川の大型法面向き



多様な傾斜度や表面状態の中山間棚田法面に対応するには新たな観点での技術開発が必要

積極的なロボット技術の活用

- 自動不整地走行
- 法面形状・角度認識



- カーツ株式会社が1990年に開発（現在は生産中止）
- 傾斜25度程度の法面を安定走行して草刈り（限界は50度とされている）
- 主な諸元
 - 刈幅：530mm
 - 刈高：30～90mm、9段階
 - エンジン：3.3kW（4.5PS）
 - ラジコン：100m
- ラジコン操作であるため、操作ミスや車輪の滑りで転落の危険性
- 価格48万円→能力と価格面で普及に至らず

- 中山間地の棚田や段畑の急傾斜法面での重労働かつ危険な除草作業を、小型除草ロボットで解消する。
- 45度以下の法面において自走して草刈作業を行う。
- この除草ロボットの開発により、人力による草刈作業と同等の精度で2倍の能率の作業を実現する。
 - 大きさは、軽トラックに積載可能なサイズ
 - 遠隔操作により運用（開発当初は自律走行を目指す）

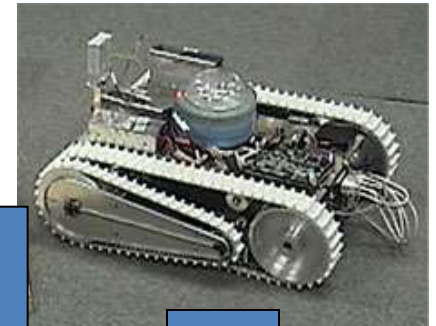


2010年度から農水委託「小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発」に着手

除草ロボット走行部開発のポイント

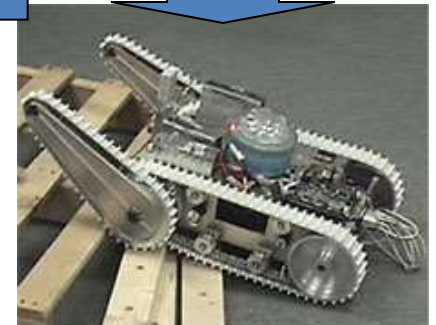
ークローラ方式の特徴とその改善方向ー

- クローラ方式は軟弱地への適応性が高いことから、農業用運搬車に広く用いられている。
- 農業用ではゴムクローラが用いられており、乗用型草刈機でも一部使用され、傾斜地でも高い走破性を示している。
- ただし、旋回ではスキッドステアリング(左右の速度差による)のため、クローラの滑りで地面を傷めることがある。
- また、凹凸や段差の乗り越えでは機体が大きく揺動し、急傾斜地では転倒の危険がある。



凹凸があるところでは腕クローラを出す

- 滑りによる地面の傷みを防ぐには、軽量化とともに、省旋回(スイッチバックで旋回を行わない)や超信地旋回(左右のクローラを逆回転させその場旋回)操作が有効
- 段差対応については、レスキューロボットの腕クローラが有効



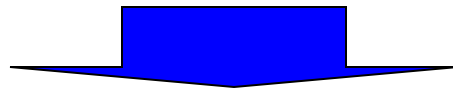
除草ロボット草刈部開発のポイント

—異なる方式を並行して検討する意義—

- 草刈り方式については、レシプロ、ロータリ、ハンマーナイフなどがあり、適用場面に応じて使い分けがなされている。
- このうちハンマーナイフ方式については、細断性能が高い一方で所要動力が大きいことから、今回の開発での小型・軽量化に適しないと判断される。
- レシプロ、ロータリについても一長一短があり、今回の開発では適用場面に応じて使い分けることを想定して開発を進める。



ハンマーナイフ方式は、刈幅1m程度でも20組を超える刃が装着されており、刈刃の交換に手間がかかる



- レシプロ方式は、草を長いままで刈り取ることができ、これまで刈払機で刈り取り敷草利用を行ってきた地域での利用が想定される。
- ロータリ方式は、メンテナンス性に優れ(刈刃摩耗時の交換手間など)、草をある程度細断して刈り取ることができ、後始末が容易である。

除草ロボットの改良方向



1号機



2号機

1号機→2号機改良

- ①草刈り幅拡大(草刈り機1台⇒2台)
- ②走行性向上(走行モータ容量倍増 $200W \times 2 \Rightarrow 400W \times 2$ 高電圧化 $24V \Rightarrow 48V$ クローラテンション機能強化の為おむすび型採用)
- ③軽量化($200kg \Rightarrow 180kg$)

2号機→3号機改良

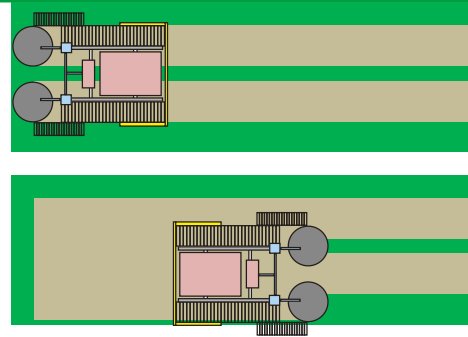
- クローラ幅: $12cm \rightarrow 15cm$ (接地圧低減)
- 軽量化: $180kg \rightarrow 140kg$
- 草刈部の遠隔操作(セル付エンジン)
- 刈り取り精度の向上

- バッテリ 48V 20A
- 鉛蓄電池 $\times 4$ 本 28kg
- リチウムイオン $\times 2$ 本 10kg

3号機



草刈部の検討（双頭式）

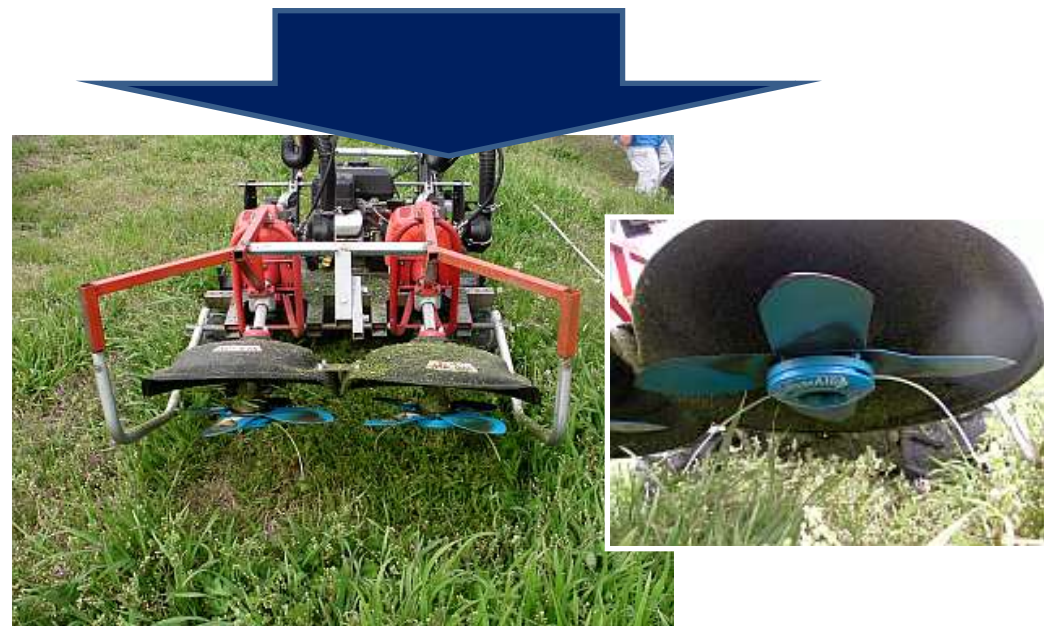


- 一工程目の刈残しを次工程の目標として重ね刈り
- 往復での刈幅は1.1m

- 走行速度：約0.2m/s
- 刈高さ：4～8cm（10cm未満であれば景観上問題なし）
- 刈草は細かく粉碎される

【改善方向】

- 刈高さ安定：ゲージホイール→ソリ
- 刈残し解消：ナイロンコード刃活用



刈残し解消の検討



- ナイロンコード刃(日立工機、白い皿)利用により刈幅拡大
- 粉碎しないため、草量が多いとクローラに絡みつく
(写真はエン麦での試験状況)

試作3号機：作業能率



- 四国研究センター内(生野)の角度別傾斜圃場, 傾斜25度(17m×16m)で5月22日()内は8月22日)実施
- 平均走行速度は0.39m/s(0.37m/s)であり、2号機よりも高速
- 理論圃場作業量は、864m²/h(768m²/h)
- 旋回などを含む実作業能率は、497m²/h(545m²/h)
- 平均刈り高さは6cm(8cm)であり、景観上問題ない水準





近中四農研福山のシバ植生転換法面
2012年6月20日のシバ畦畔（左）とヒメジョオン主体畦畔
（右）、同じ畦畔でも管理の違いで植生は大きく異なる。



除草ロボットが管理しやすい植生に転換することも有効

畦畔法面用除草ロボットの開発

○ 中山間地域での畦畔法面の草刈りを省力・軽労化するための除草ロボットを開発中。

開発の背景と既存技術

- ・中山間地域は、平坦地比べて畦畔法面の割合が高く、草刈り作業が担い手の大きな負担。
- ・足場が不安定な畦畔法面での草刈りは、身体への負担が大きい上、滑落による農作業事故の危険性。



・堤防等で利用されている乗用大型草刈機は、傾斜45度まで対応できるが、機体が大きすぎるため、畦畔法面に乗り入れることができない。

・果樹園等に導入されている乗用小型草刈機(下図)の適用傾斜度は約20度。



開発機の概要

- ・クローラ式の走行部とナイロンコードによる草刈部から構成。
- ・リモコンによる遠隔操縦で、傾斜40度の急斜面の草刈りが可能。
- ・様々な作業条件の下での除草精度や作業能率の検証試験を、生産現場の協力を得ながら実施中。



(第3回攻めの農林水産業実行本部(2014年11月20日)の会議資料から抜粋
※同会議において、除草ロボットの実演も実施

- 遠隔操作機：集落営農法人向け商品化
 - 能率は人力の2倍維持、作業精度は人力並み
 - メンテナンス性の確保
- 作業安全性の確保
 - 緊急停止やロボスタ性の向上
 - 周辺認識技術
- 自律走行の実現
 - 傾斜20度まで対応可能な市販芝刈機
 - 急傾斜法面への対応は別のアプローチも