

TOPPERSリアルタイムOSを用いた 農業機械のスマート化/ロボット化事例

中西 恒夫 (福岡大学工学部電子情報工学科, TOPPERS特別会員)

重信 瑛紀 (福岡大学工学研究科電子情報工学専攻)

藤永 拓矢 (大阪公立大学)

組込みシステム(メカ・エレキ・ソフト複合システム)とその開発方法論をもって,世の中や開発現場に落ちてる問題を解決する研究室

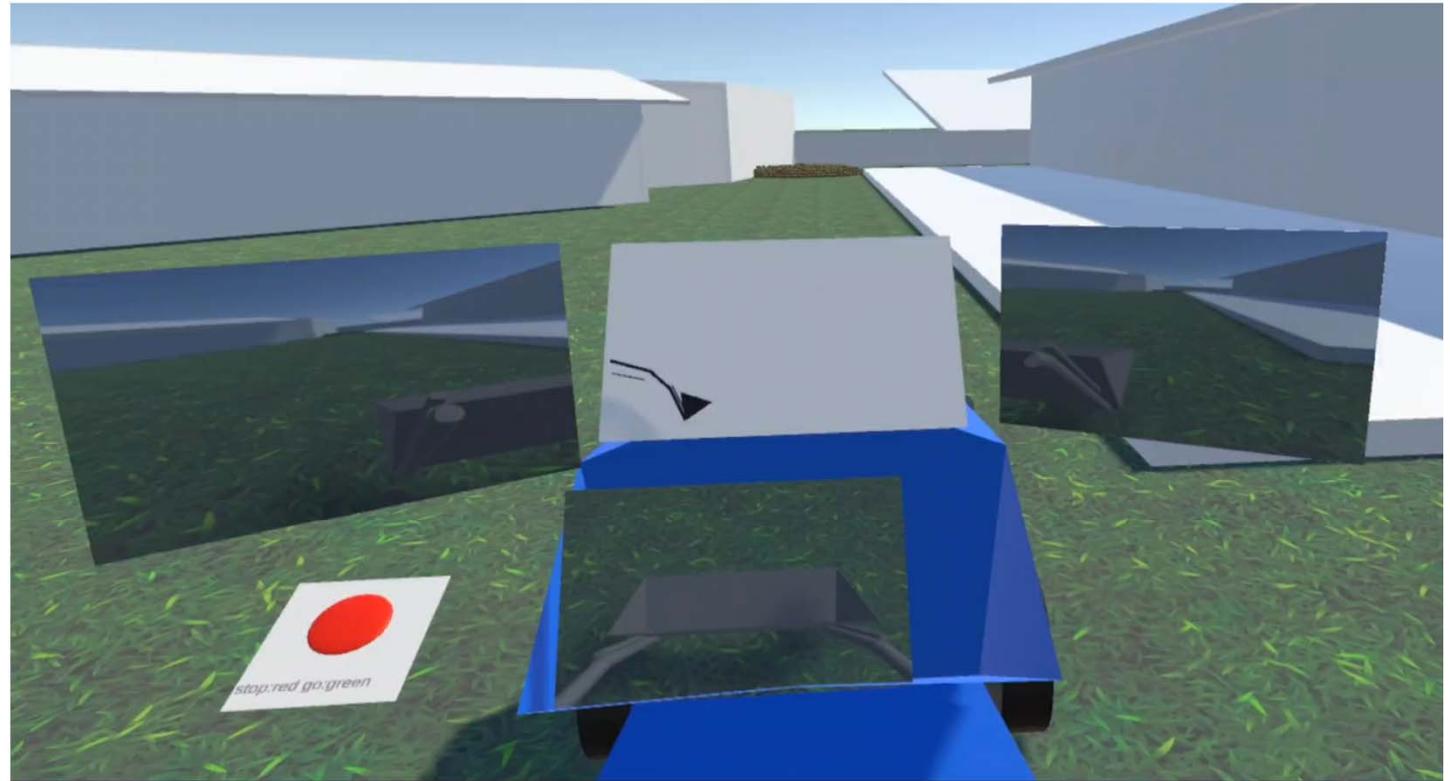


スマート乗用型トラクタ「ななくまつばめごう」



動画リンク: <https://fukuoka-u.box.com/s/4ea0ihpczs6lewxq32lfo8fiaapj7is>

フロントローダのバーチャルエンジニアリング



動画リンク: <https://fukuoka-u.box.com/s/my5f5rfjp6fkq1g90b7ij917phovcgru>

スマート歩行型トラクタ「ななくまうずらごう」

- 耕作放棄地・荒廃農地の増加
 - 農業人口の高齢化
 - 少子化による後継者不足
 - 儲からない農業
- 耕作放棄地・荒廃農地の問題点
 - 病虫害の発生
 - イノシシ等の有害獣の隠れ家化
- 耕作放棄地・荒廃農地になりやすい農地
 - 小規模, 不整形な農地
 - 農機を購入するほど採算が取れない農地
 - 乗用トラクタなど農機を使いにくい農地
 - 農作業の自動化がきかない手がかかる農地



本プロジェクトの取組み：市販の歩行型トラクタのスマート化

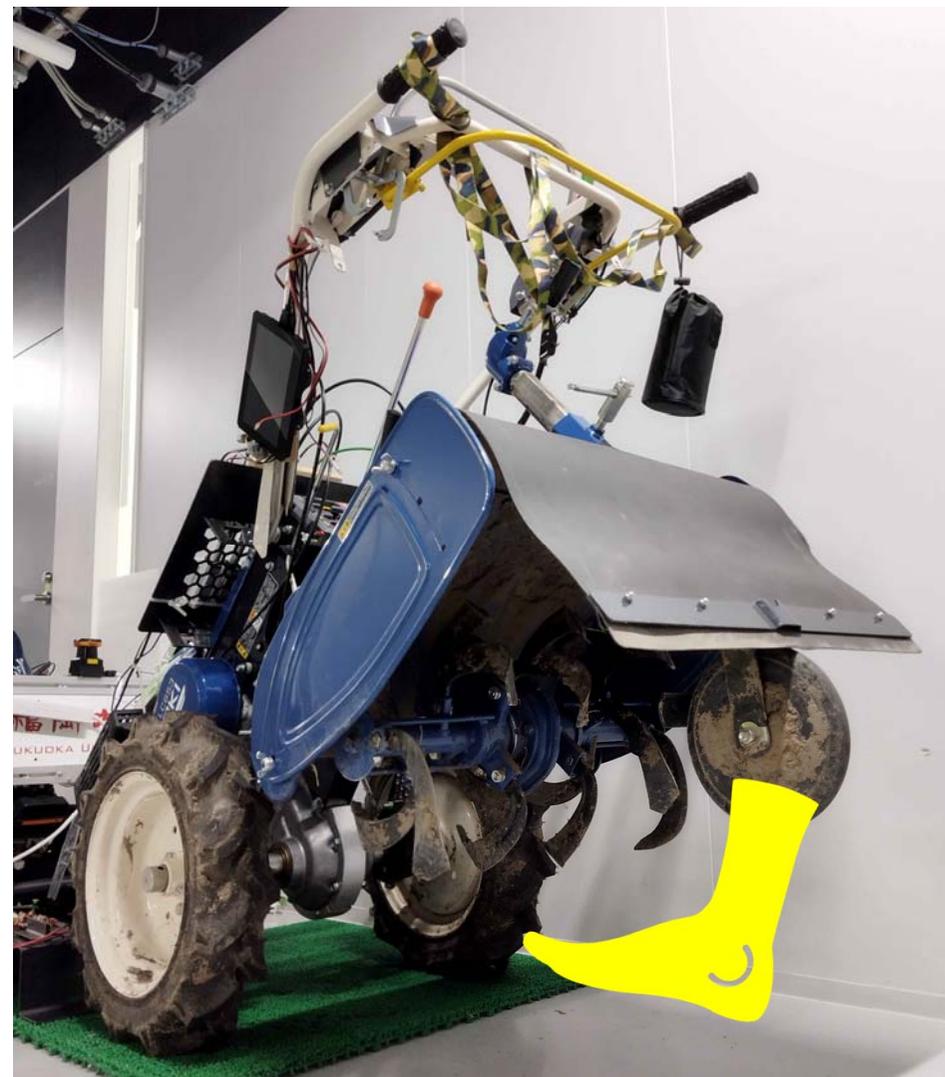
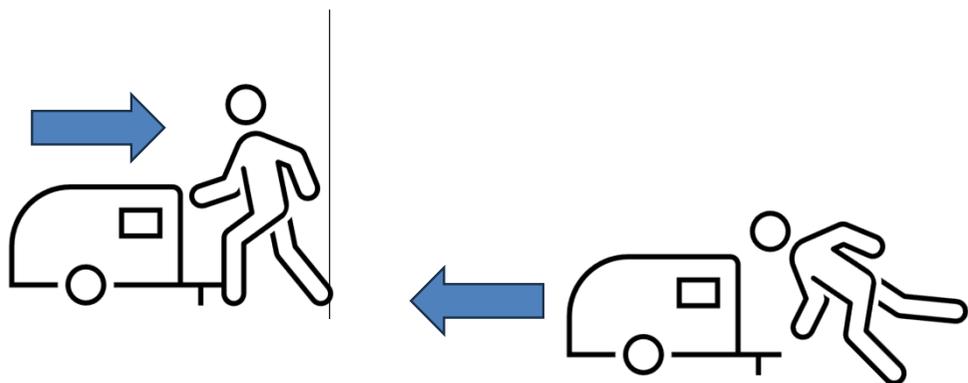
歩行型トラクタ（耕運機）

- 歩きながら手で押して耕耘等を行うトラクタ
- 乗用トラクタよりも小型
- 数馬力程度
- 価格は数万～50万円程度
- 機種によっては耕耘以外の作業も可能



歩行型トラクタによる事故

- 事故が割にある。
 - 年間20人程度の死亡
- 事故例
 - はさまれ
 - ロータリ巻き込まれ(後退時)
 - ダッシングによる事故



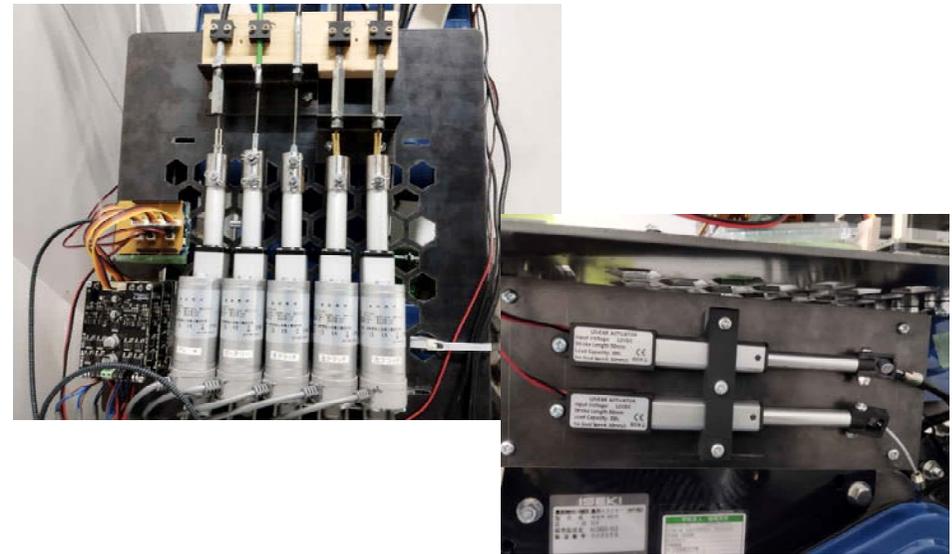
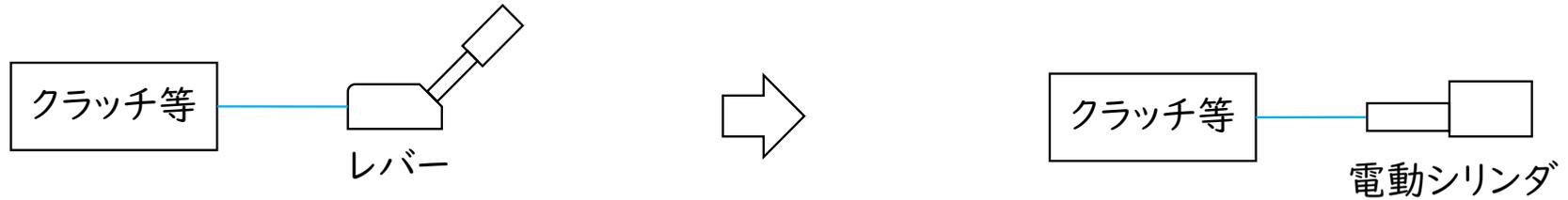
井関農機製 KLC653RV12

- ガソリンエンジン, 6.3馬力
- 重量209kg, 長さ1.89m, 幅0.68m, 高さ1.13m
- 約40万円
- レバーとコントロールワイヤで主クラッチ等を制御
- 内輪側のサイドクラッチを切断して旋回
- 作業機の換装が可能: 耕耘, 畝立て, 種まき...
- **電装系皆無** (前照灯のみ), 全くのメカ



スマート化に向けた機械系の改造(1)

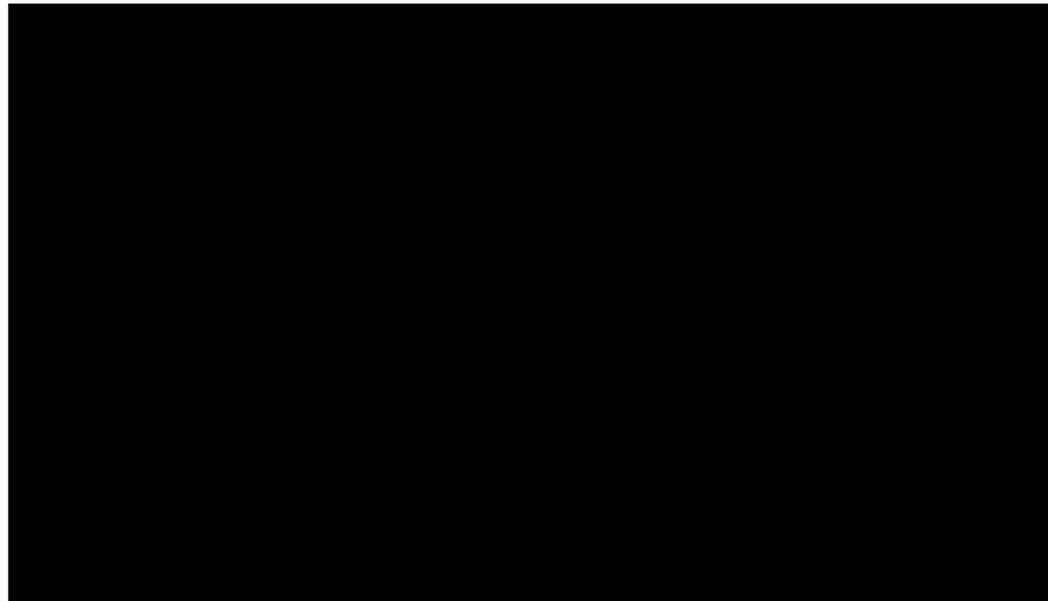
コントロールワイヤを電動シリンダにつなぎ替え



従来の手動レバーにスイッチを仕込んで有人運転用インターフェースも温存

単にサイドクラッチを切るだけではほとんど旋回できない。

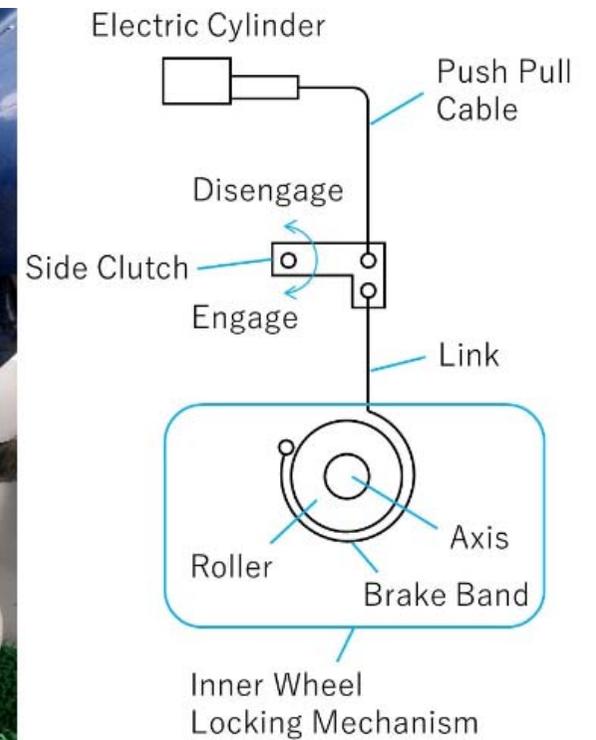
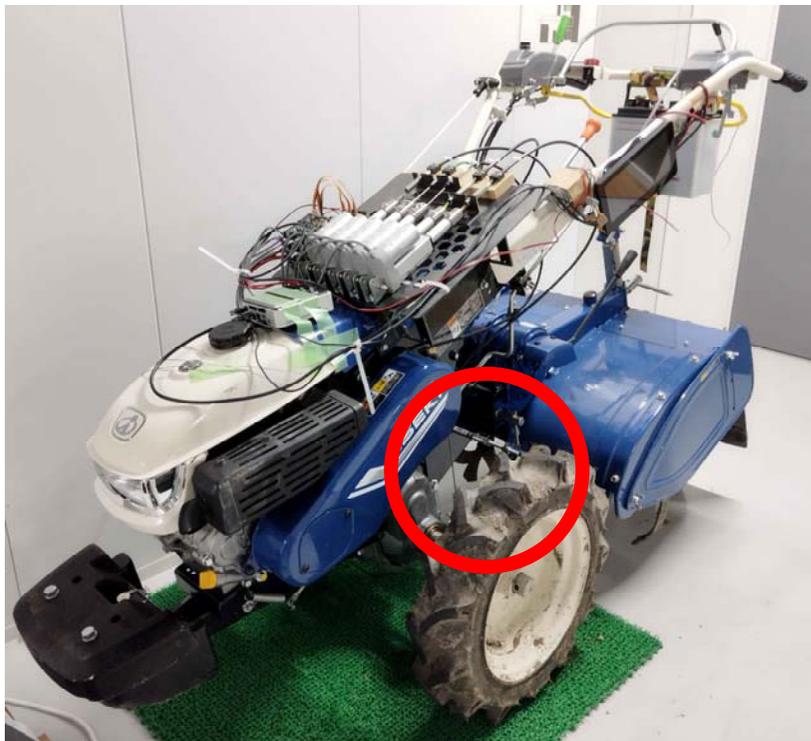
- 旋回時, ベース機は内輪の動力伝達を切るのみ。
- 転がり抵抗の小さな路面では, 内輪が動力伝達されている外輪にけん引される。
- ハンドルを握る操作者がいない遠隔運転時はほとんど旋回しない



動画リンク: <https://fukuoka-u.box.com/s/voayl9mdrm42768e2szzj0337cd68uc8>

内輪ロック機構の開発

- サイドクラッチと機械的に連動



■ PC: 自律運転に関する処理

- 経路計画
- 経路追従
- 画像認識 etc...

■ Arduino: 車体の物理的な制御

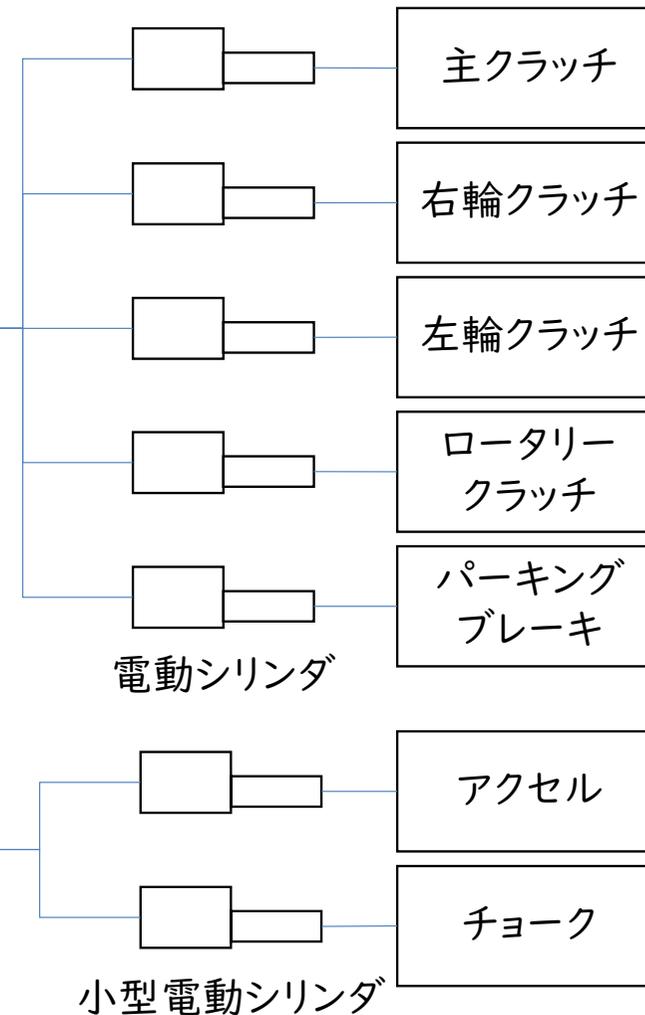
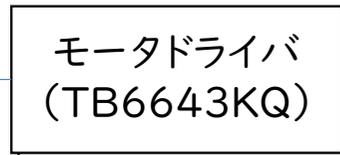
- 信頼性が必要な処理
- リアルタイム性が必要な処理
- TA2LIB



推力:300N
ストローク:50mm
速度:50mm/s



推力:30N
ストローク:50mm
速度:30mm/s



■ 実験で調べたいこと

- まっすぐに走行できるか？
- ハンドルを握らなくても耕耘できるのか？
- 内輪ロック機構は機能するのか？
- 内輪ロック機構は本当に必要か？

■ 実験方法

- 山中式土壌硬度計で土面の硬度を測定
- 農地, 砂地, アスファルト上を走行する
- 内輪ロック機構が有効/無効の状態で行
- 前進しながら耕耘(農地のみ)
- 自動追尾型トータルステーション(トプコン製 GT-1205)で航跡を記録



農地 (耕耘前)	mm	kg/cm ²
平均値	7.29	0.951
最大値	13.0	2.24
最小値	1.50	0.127

農地 (耕耘後)	mm	kg/cm ²
平均値	0	0
最大値	0	0
最小値	0	0

砂地	mm	kg/cm ²
平均値	26.3	22.4
最大値	33.0	84.7
最小値	22.0	8.54



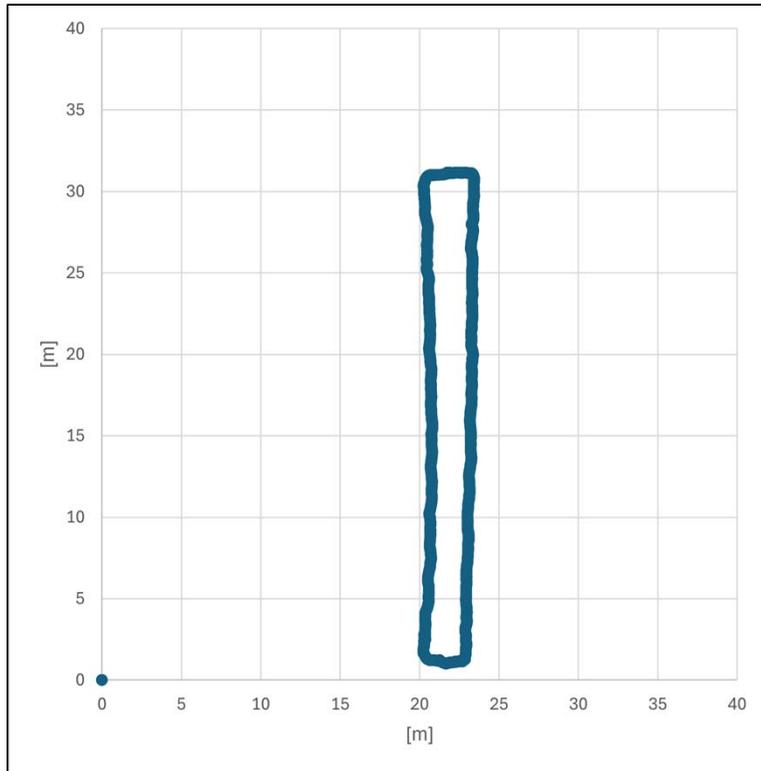
実験：圃場での耕耘

スマート歩行型トラクタ ななくまうざらごう
圃場での耕耘実験

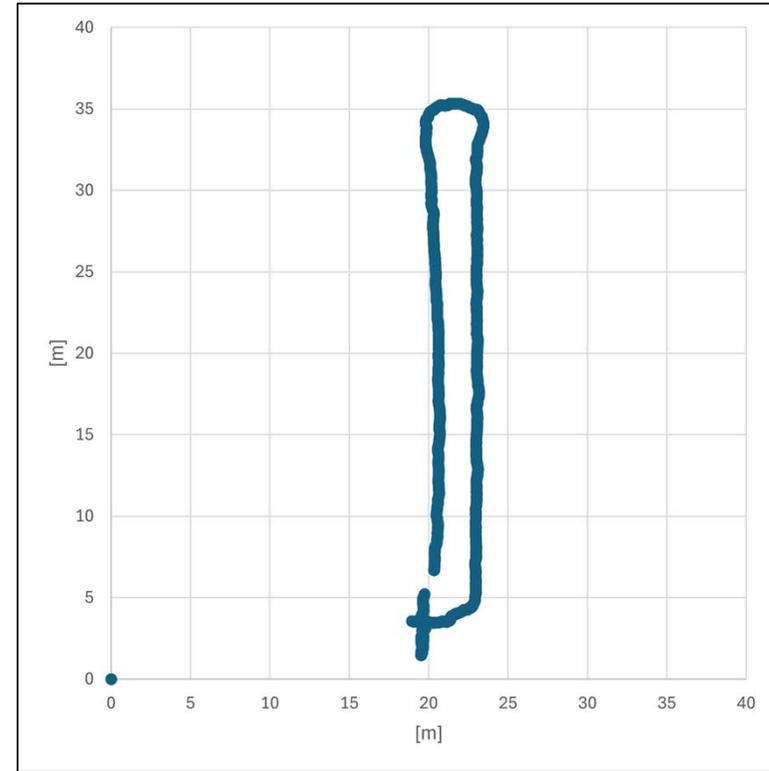
福岡大学

動画リンク: <https://fukuoka-u.box.com/s/qwqnhrraoqxu89m1620jhfhfnezgjskt>

航跡：耕耘なし

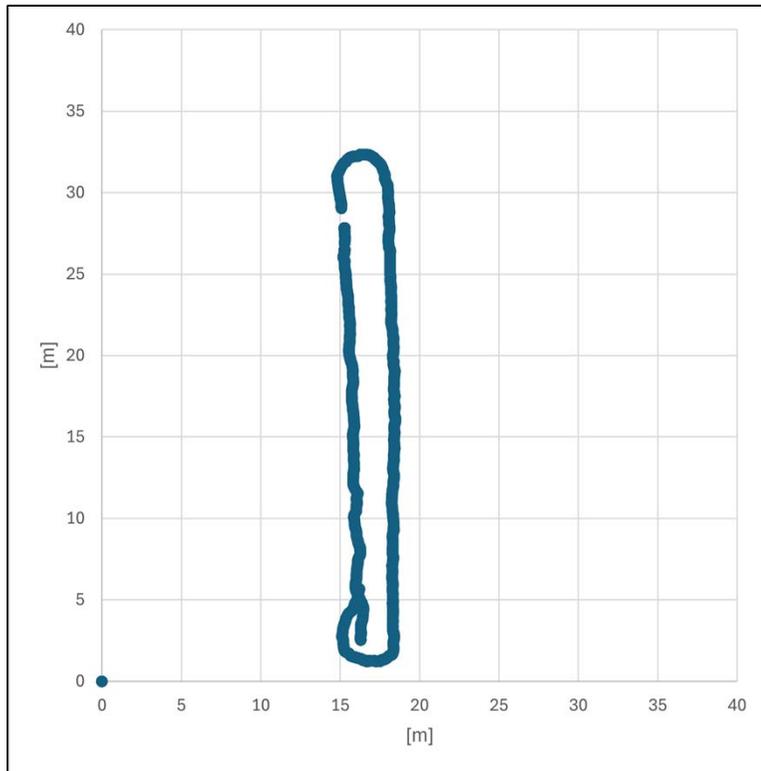


内輪ロック機構有効

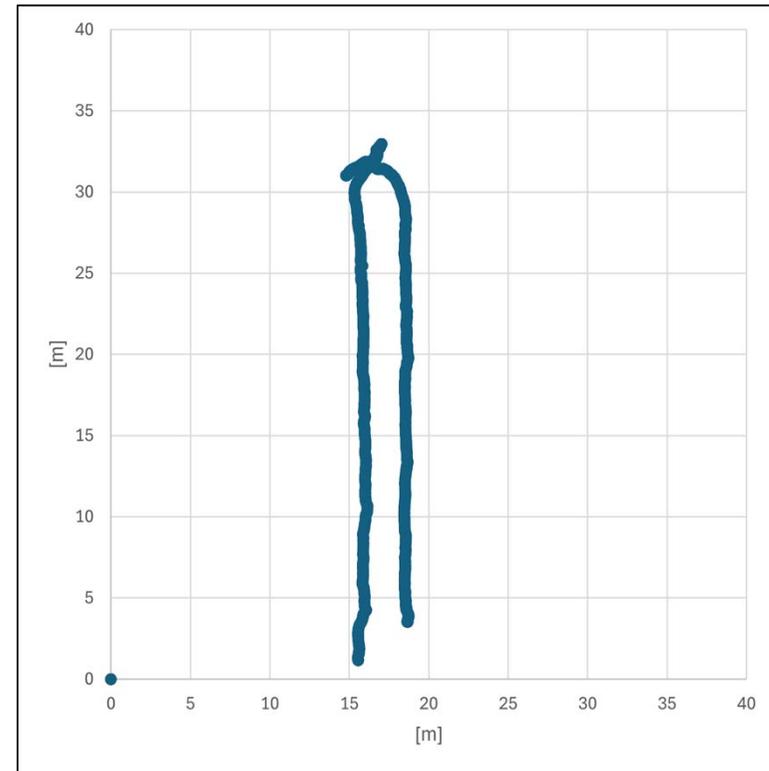


内輪ロック機構無効

航跡：耕耘あり

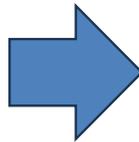


内輪ロック機構有効



内輪ロック機構無効

- まっすぐに走行できるか？
 - 全ての場合で, 大きく逸れることはなかった。
 - 旋回半径を小さくする内輪ロック機構の副作用として, 軌道の微調整がしにくくなる。
- ハンドルを握らなくても耕耘できるのか？
 - 土壌硬度は $7.29\text{kg/cm}^2 \rightarrow 0\text{kg/cm}^2$ に変化し耕耘できている。



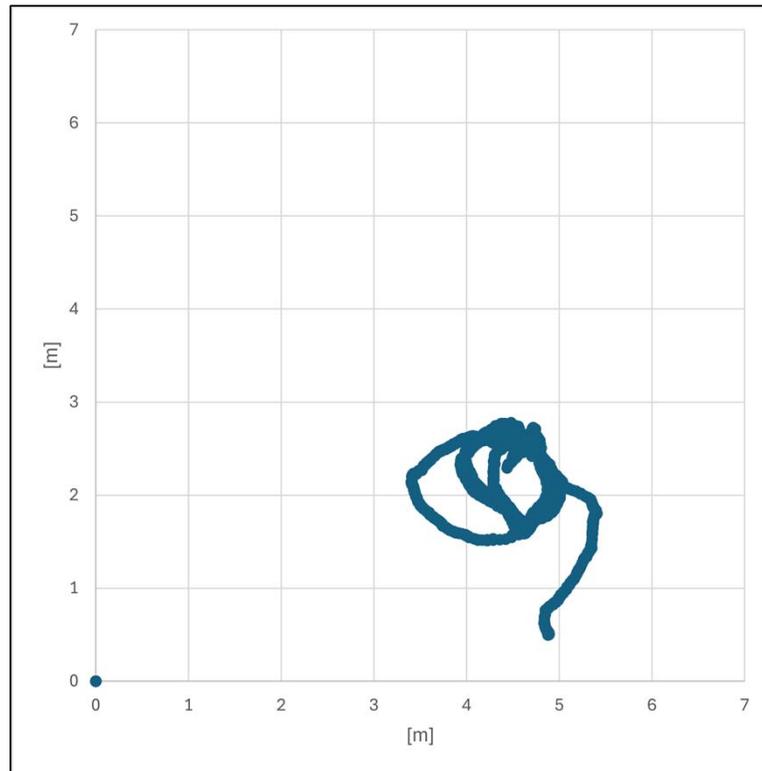
実験：内輪ロック機構

スマート歩行型トラクタ なくまうざらごう
内輪ロック機構の試験

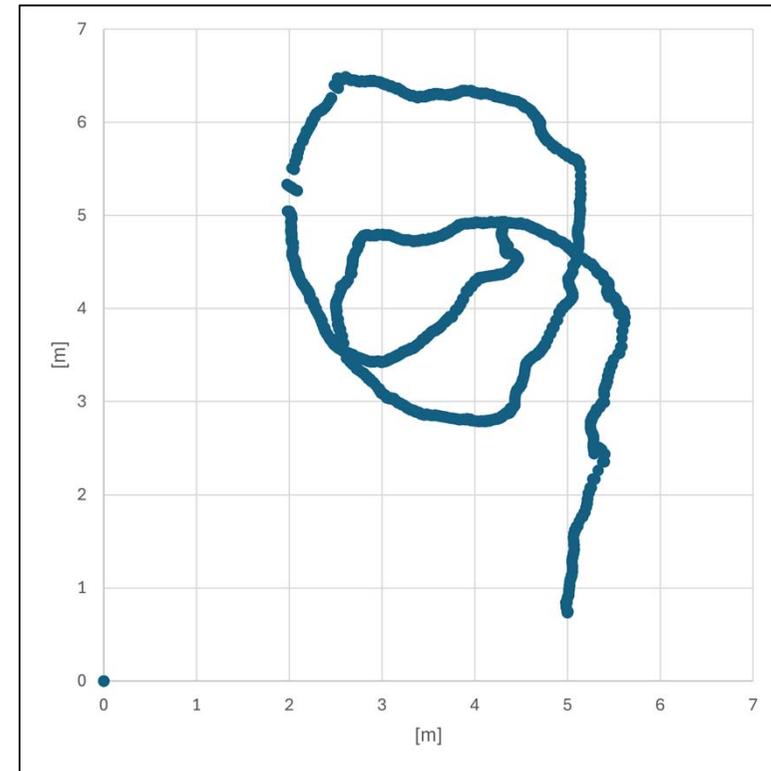
福岡大学

動画リンク：<https://fukuoka-u.box.com/s/zw2rzyjjmk0unk7pc9vvi8qyen9bp1uc>

航跡：農地

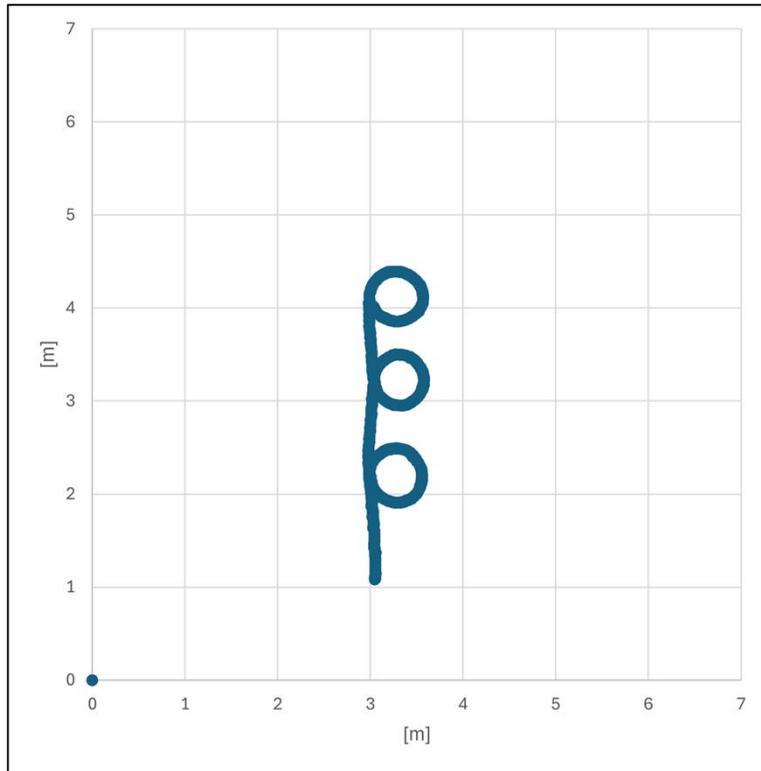


内輪ロック機構有効

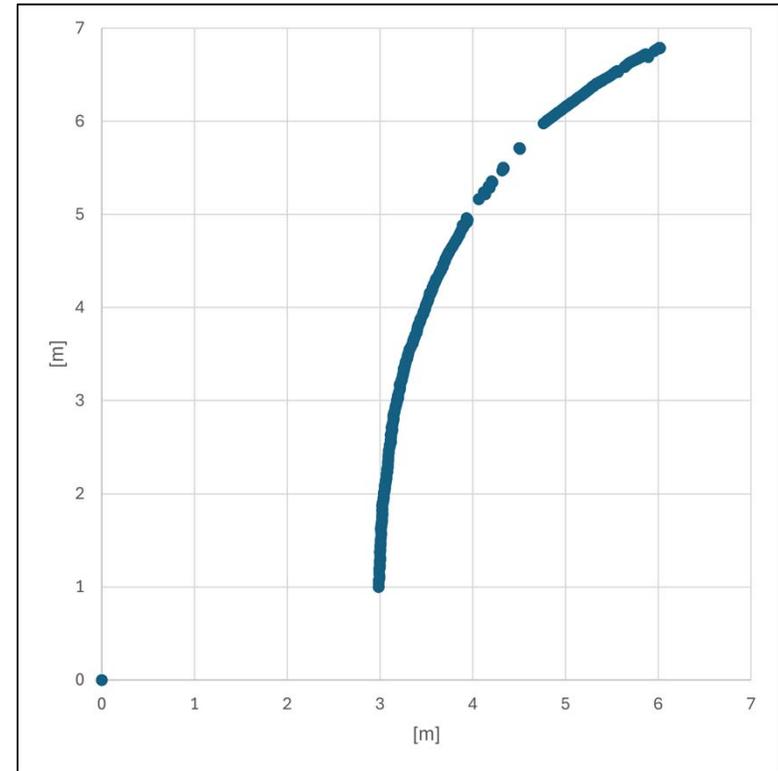


内輪ロック機構無効

航跡：砂地

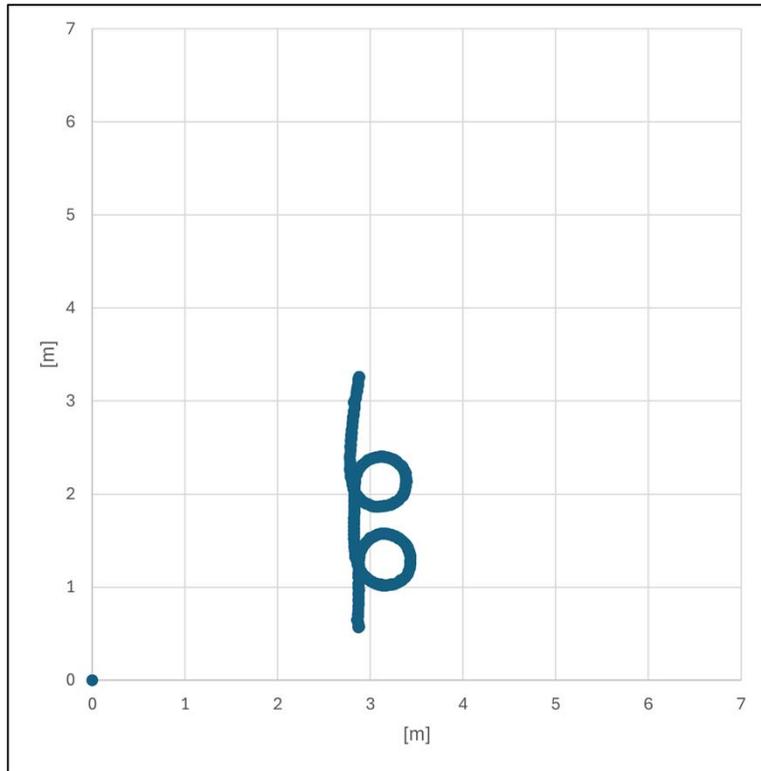


内輪ロック機構有効

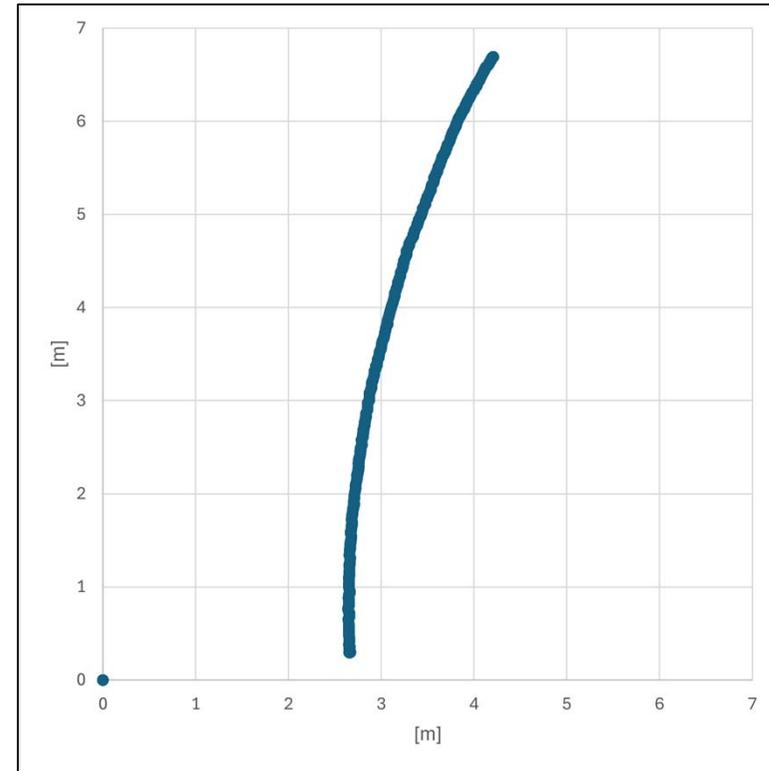


内輪ロック機構無効

航跡：アスファルト



内輪ロック機構有効



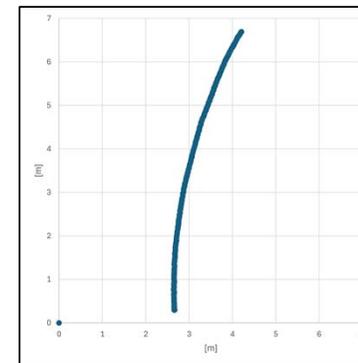
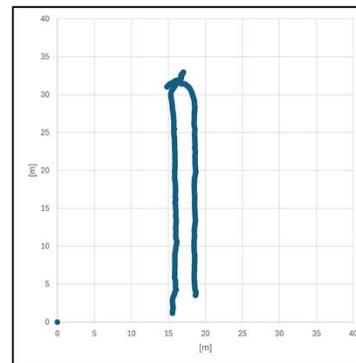
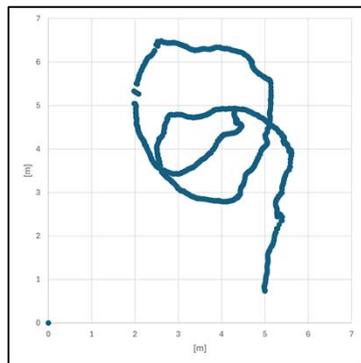
内輪ロック機構無効

■ 内輪ロック機構は機能するのか？

- 旋回半径が小さくなった

■ 内輪ロック機構は本当に必要か？

- 内輪ロック機構がなくても、農地などの軟らかい土面では旋回する
- 内輪ロック機構有効：急に旋回するため軌道の微調整がしにくい
- 耕耘時，内輪ロック機構無効のとき，枕地旋回しきれなかった
- 内輪ロック機構がないと，アスファルトなどの硬い土面ではほとんど旋回しない
- 歩行型トラクタの軽トラックへの積み下ろしは硬い土面で行う→必要



- 遠隔操縦による安全性の向上
 - 物理的に距離を取ることが可能→歩行型トラクタとの接触による事故の防止が可能
 - 炎天下でも日陰などからの作業が可能

- 軟土面での旋回
 - 農地, 内輪ロック機構有効時, 旋回すると外輪が埋没
 - 旋回をやめ前進することで脱出
 - 脱出不可能となる場合あり

- 従来の歩行型トラクタとしての使用する場合の操作性も向上
 - 軽い操作力で旋回可能



- 市販の歩行型トラクタを改造しスマート化
- 土面により, サイドクラッチを切るのみでは旋回できない場合あり→
内輪ロック機構を開発
- 内輪ロック機構により十分かつ確実に旋回可
- 操作者の支えがある時のように耕耘可
- 旋回時に外輪が埋まるため, 一時的に前進し再度旋回するという制御が自律運転時に必要



- 本研究は, 科研費 23K11060 の助成を受けています。
- 実験のために農地の使用を許諾いただいた,
福岡市農協田隈西支店の毛利博義総代に謝意を表します。

