地上ロボット（市街地移動技術）の研究
に関する外部評価委員会の概要

１　評価対象項目
　地上ロボット（市街地移動技術）の研究（特別研究終了時点）
　（計画担当：技術研究本部先進技術推進センター）

２　評価対象事項
　小型ロボット関連技術

３　事業の概要
（１）研究の目的
　市街地戦闘において、昼夜間を問わず遠隔操縦により建物周辺及び内部を移動し、情報収集を行う小型ロボットに関する技術資料を得る。

（２）研究開発線表

15	16	17	18	19
	←特別研究→			

（３）仮作品の構成
　別紙1参照

（４）運用構想
　別紙2参照

４　外部評価委員会の概要
（１）日程・場所：　平成19年12月11日
　防衛省技術研究本部先進技術推進センター

（２）評価委員（職名は委員会開催時点。敬称略、五十音順）
（委員長）松野　文俊　（電気通信大学　教授）
　　有川　敬輔　（神奈川工科大学　准教授）
　　田所　諭[*1]　（東北大学大学院　教授）
　　米田　完　　（千葉工業大学　教授）

（３）説明者：　技術研究本部先進技術推進センター
　　研究管理官（基盤システム技術担当）付
　　ロボットシステム技術推進室長　　佐賀　実

（４）研究の概要
　別紙3～6参照

---

*1 書面参加

（5） 議論・質疑が集まったところ

- 高速でも効率が低下しないクローラ構造
- モータの選定とギア比の最適化
- 階段アプローチの際の正対進入仮定の妥当性
- 登坂時のアーム操作・駆動によるミッション遂行時間の増大
- 複雑だが迅速なパスの検討（姿勢変更と登坂、旋回と移動の同時動作等）
- アームの自由度（y軸方向）を走行ユニットが補助することの是非
- センサの追加による、より正確な制御（階段やドアの認識等）
- より悪条件下での検討及び確認
- 無線によるデータ転送の遅延・欠落への対策
- 遠隔制御の実現（アクセスポイントの設置、自律化）
- ヒューマンインターフェイスの向上
- 他部門（無線通信等）の研究者との交流・意見交換
- ユーザ（運用者）意見のフィードバック

（6） 頂いたコメント、提言等

- 階段登坂という課題を、一般的なアクティブ式クローラでなく、パッシブ式により達成し、小型化を両立したことは評価できる。
- 走行試験は、実験室及びその周辺環境だけでなく、予想外の条件が加わる、外部の色々な場所で行うことが望ましい。
- 複雑な移動パス及びフリッパと車体の同時制御等により、迅速化を図ることが望まれる。
- 機構、制御、無線、ヒューマンインターフェイスを総合した性能で評価されるものであり、想定した運用に対し、バランスの良い設計、開発が必要である。
- 今後の性能向上には、他部門の研究者との意見交換及びユーザの評価を取り入れることが有効である。

５　外部評価委員会のまとめ

パッシブ式クローラの採用により、階段登坂及び小型化の両立という課題を、達成できているものと認められる。

検証実験をより実際的な環境で続けることを期待する。

本研究によって地上ロボットの研究を終了することなく、今後とも、アームの自由度及び操作性を向上させるなど、研究を続けて頂きたい。

ユーザが同組織にいるという利点を活かし、その意見を取り入れ、また、他部門の研究者との意見交換を行い、ロボットの性能向上を進めていくことを期待する。

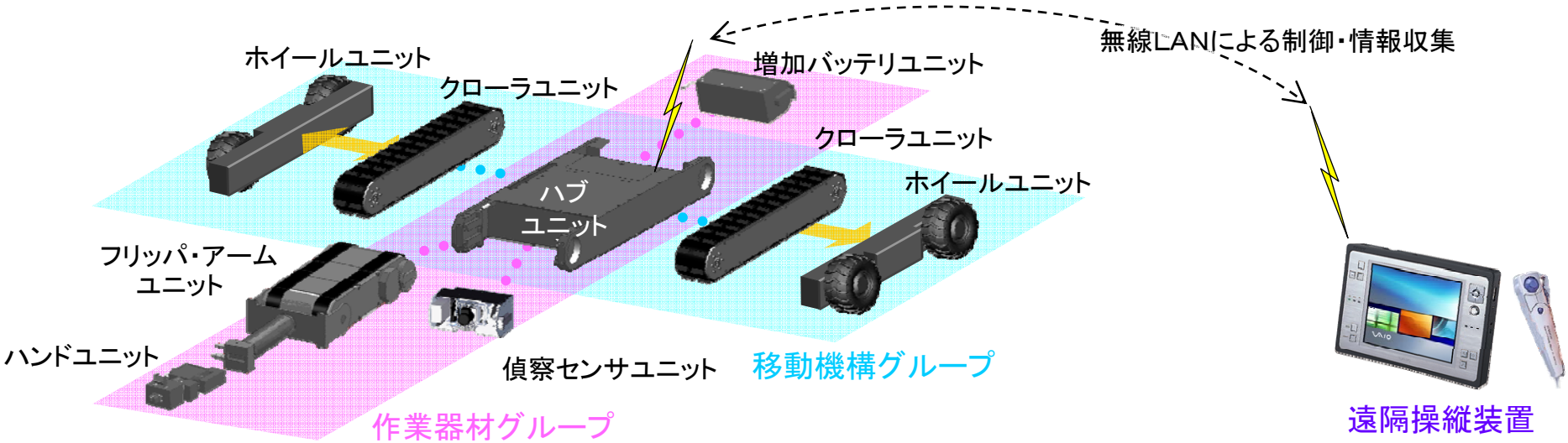
別紙　1

仮作品の構成

装軌式移動機構タイプ

機能単位で取り付け・取り外しが可能な構造とし、インタフェース部を標準化することで相互に交換することができる。

装輪式移動機構タイプ



ロボット本体の仕様

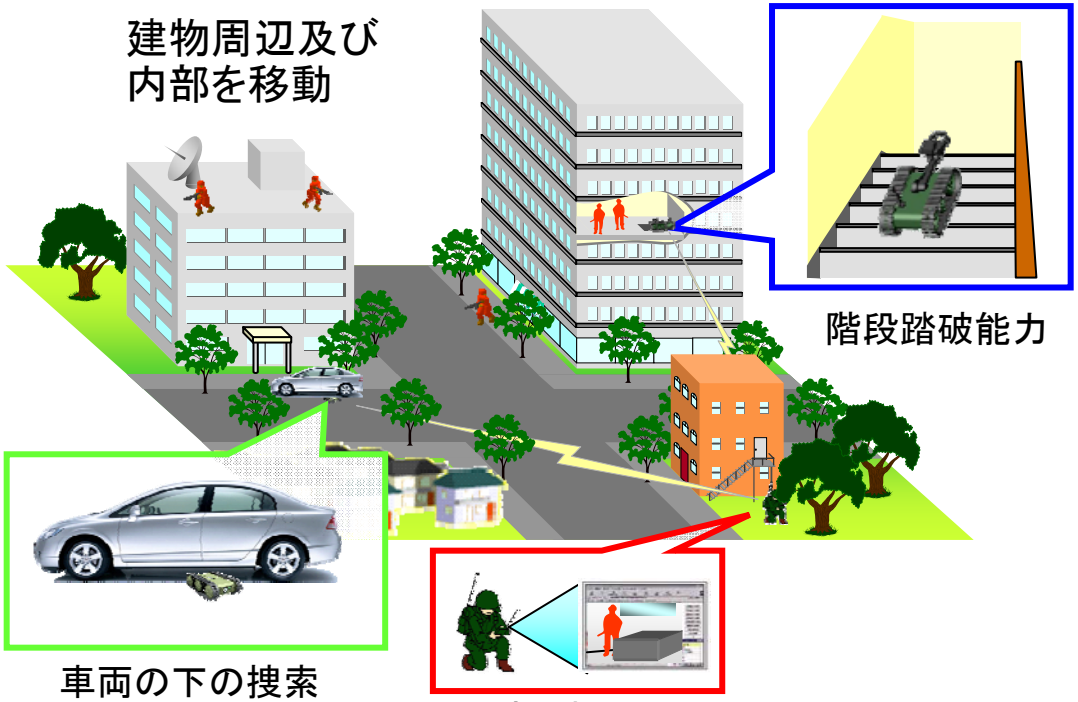
装軌式移動機構タイプ	形　式	装輪式移動機構タイプ
672mmm×482mm×120mm	寸法（車体部）	734mm×579mm×164mm
34.9kg	質　量	37.5kg
最高10km/時（平坦地）	速　度	最高15km/時（平坦地）
最大45度（階段対応）	登坂勾配	最大9.6度（道路等対応）
20分	連続走行時間 （最高速度時 増加バッテリ使用）	20分

別紙　2

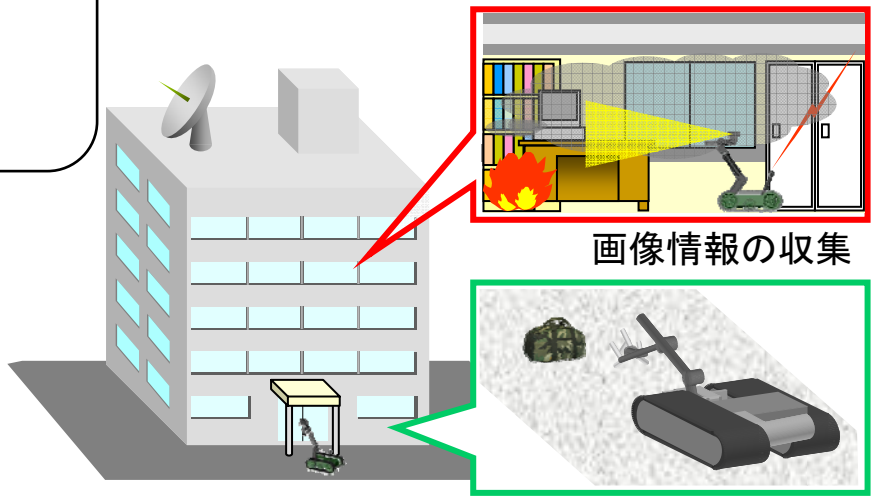
運 用 構 想

市街地戦闘

建物周辺及び
内部を移動

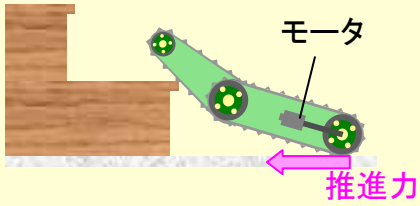
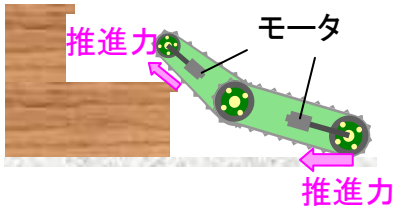


情報収集活動

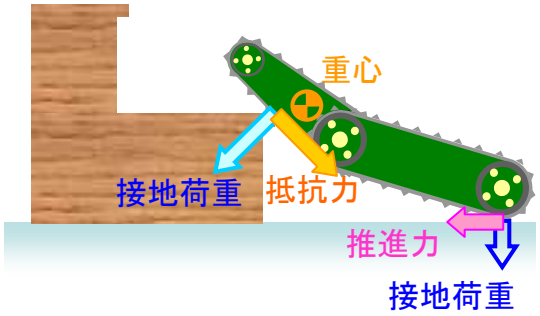
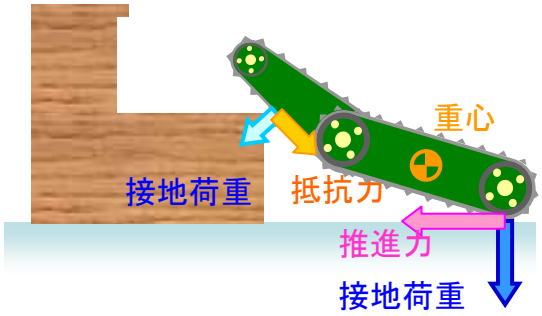


パッシブ方式フリッパ機構による階段踏破（1／3）

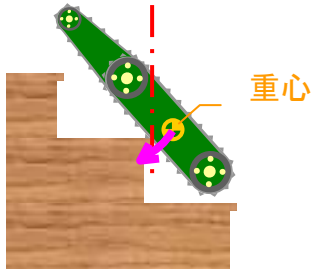
別紙　3

	パッシブ方式	アクティブ方式
特徴	 フリッパには動力がなく自由に回転	 フリッパに動力あり
利点	構造が簡素であり、小型・軽量化に有利である。	フリッパと車体の両方のクローラが駆動することにより、確実に踏破することができる。
欠点	車体のクローラのみにより推進力を発生させる必要がある。	構造が複雑で、小型・軽量化に不利である。

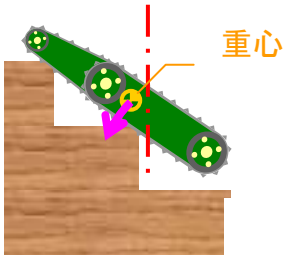
パッシブ方式の欠点克服に重心移動が有効

重心を前方にした場合	重心を後方にした場合
	
車体クローラの接地荷重が低く、大きな推進力を出すことができずフリッパにおける抵抗力も大きい。	車体の接地荷重を増加させ、大きな推進力を出すことができ、フリッパによる抵抗力も減少する。

ただし、2段目以降は、重心が前方にある方が安定する。



前方が浮き上がる



進行方向にもたれかかるため安定して走行する。

パッシブ方式フリッパ機構による階段踏破（2／3）

別紙　3

アームの活用（重心移動）による階段踏破

③階段上の走行

・段鼻をまたぎながら走行する。

②一時停止

・1段目を登ったところで停止する。

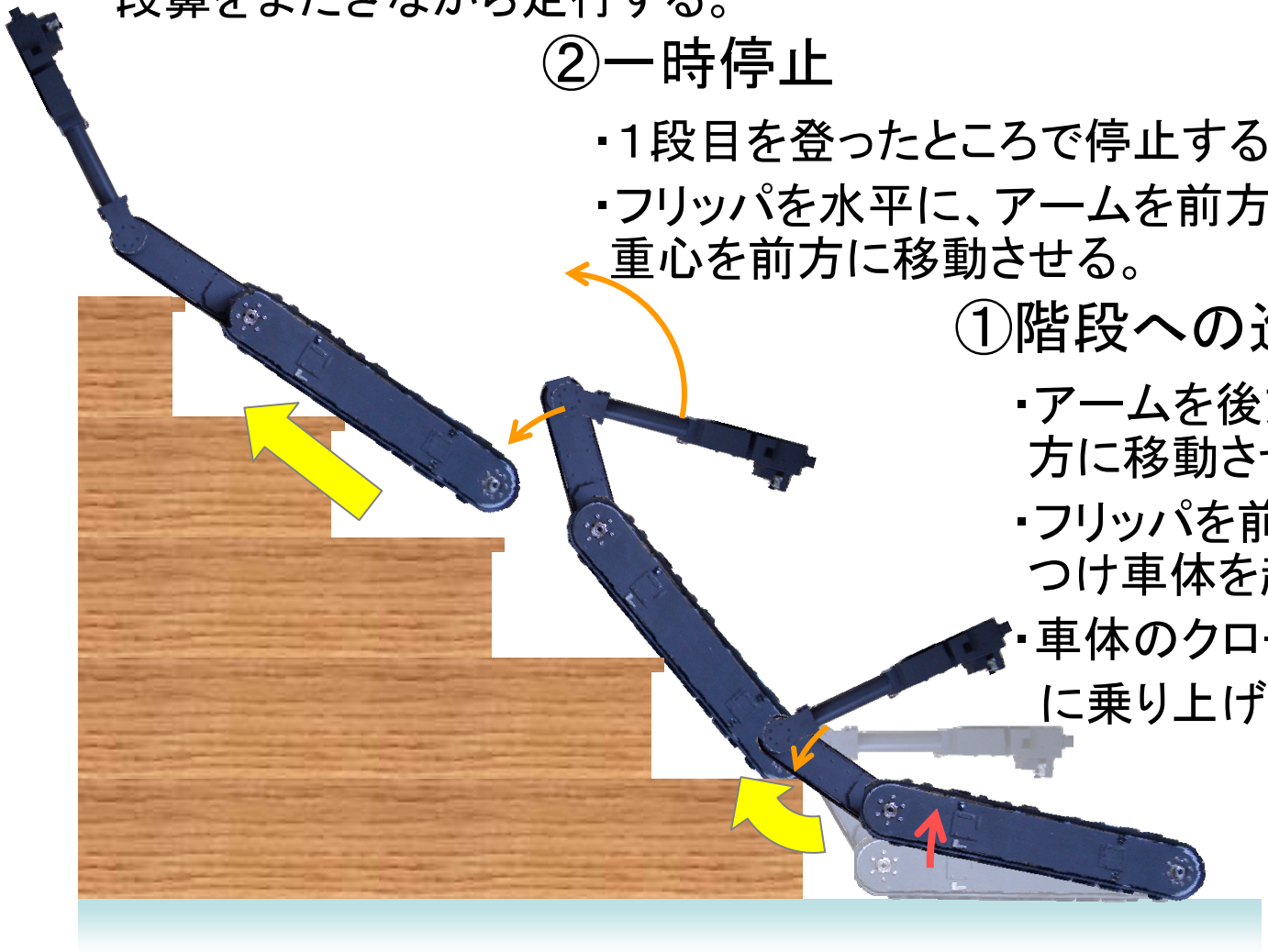
・フリッパを水平に、アームを前方に倒し、重心を前方に移動させる。

①階段への進入

・アームを後方にたたみ、重心を後方に移動させる。

・フリッパを前方に倒して階段に押しつけ車体を起こす。

・車体のクローラにより推進し、蹴上に乗り上げる。

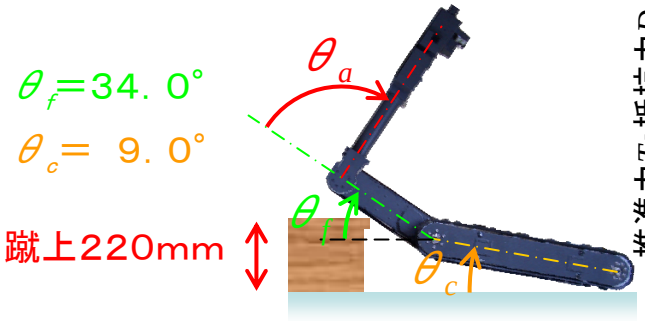


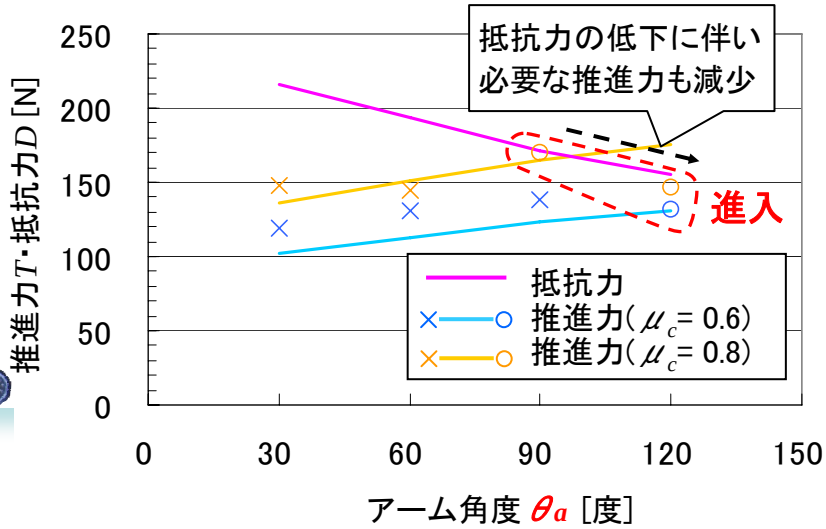
パッシブ方式フリッパ機構による階段踏破（3／3）

別紙　3

階段進入試験

最急勾配(45度)の階段の場合





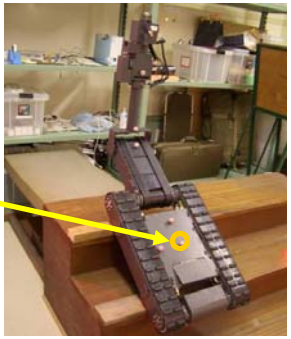
後方への重心移動により、階段進入が可能になることを確認した。

また、モデルによる予測とも傾向が一致することを確認した。

階段走行試験

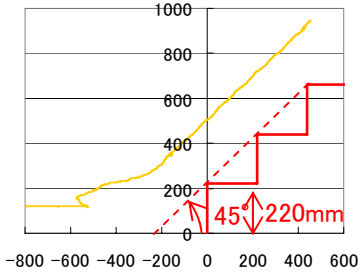
最急勾配(45度)の階段

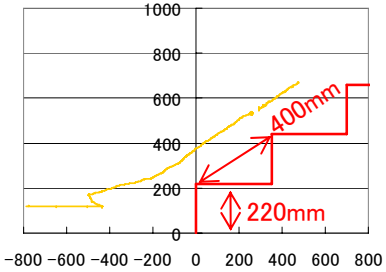
最も段鼻間隔の長い(400mm)の階段



軌跡計測ポイント

車体の
移動軌跡



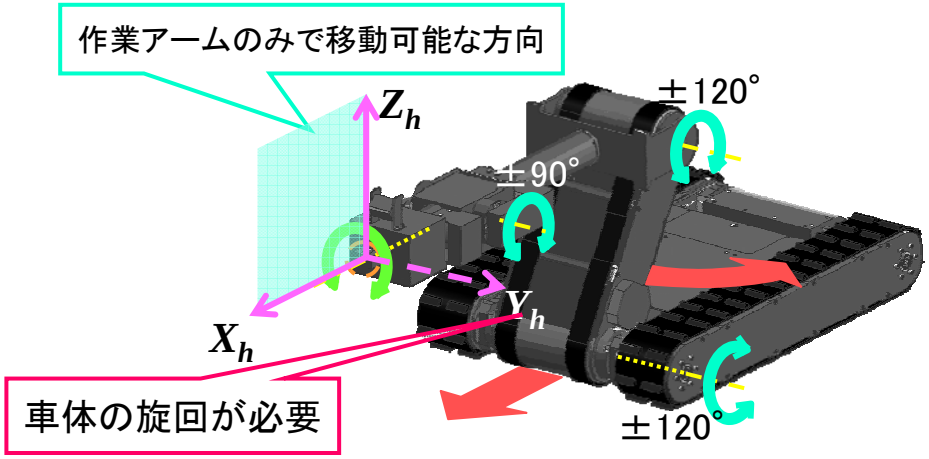


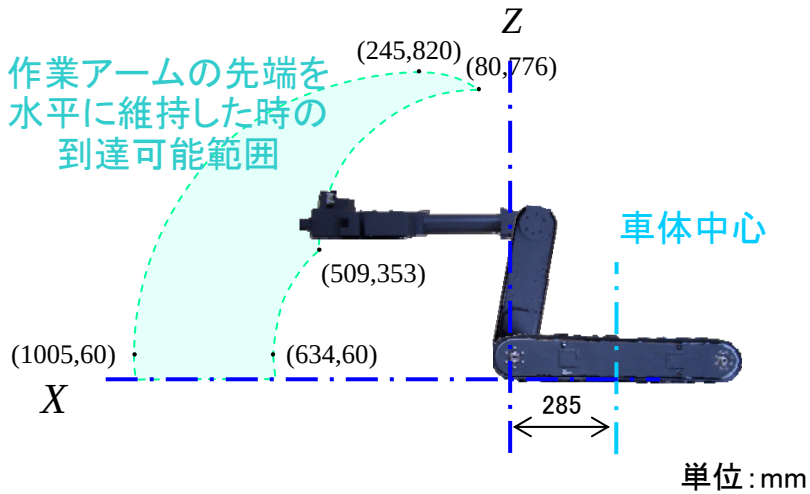
いずれの階段も揺動することなく安定して走行することを確認した。

作業アームと車体の連動制御（1／2）

別紙　4

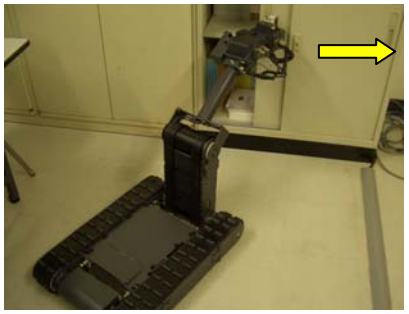
作業アームの概要



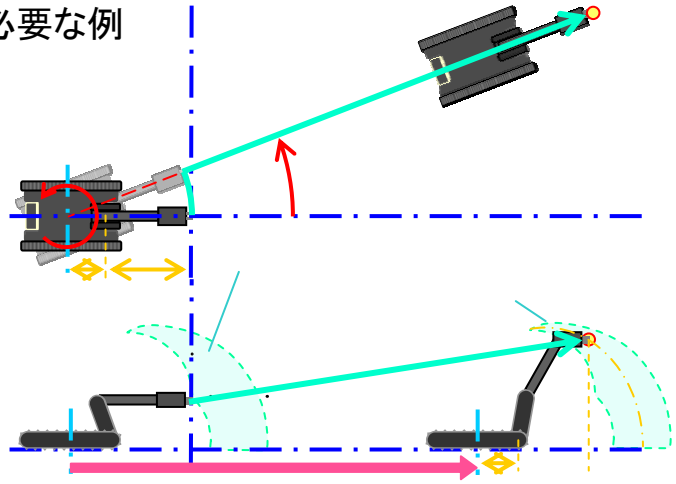


作業アームへの指令の与え方

車体と作業アームの連動が必要な例



①引き戸の開扉



②目標点が作業アームの到達可能範囲・
可動方向から外れている

操縦者が6つの操作量を計算しながら入力することは難しい。

⇩

作業の目的である作業アーム先端の動きに注目して指令を与える。

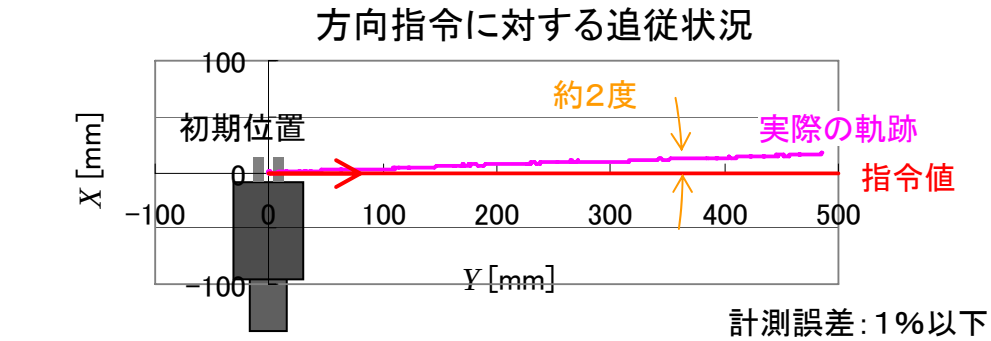
① 目標点の座標を入力する方法
② 先端の移動方向・速度を入力する方法

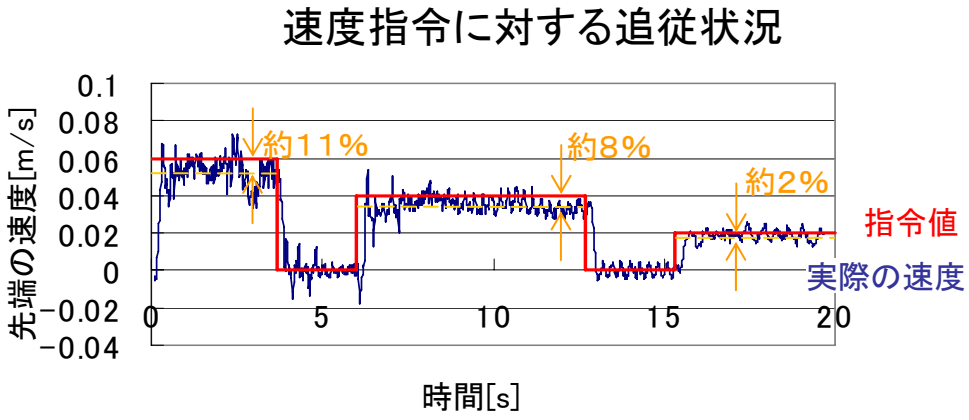
作業アームと車体の連動制御（2／2）

別紙　4

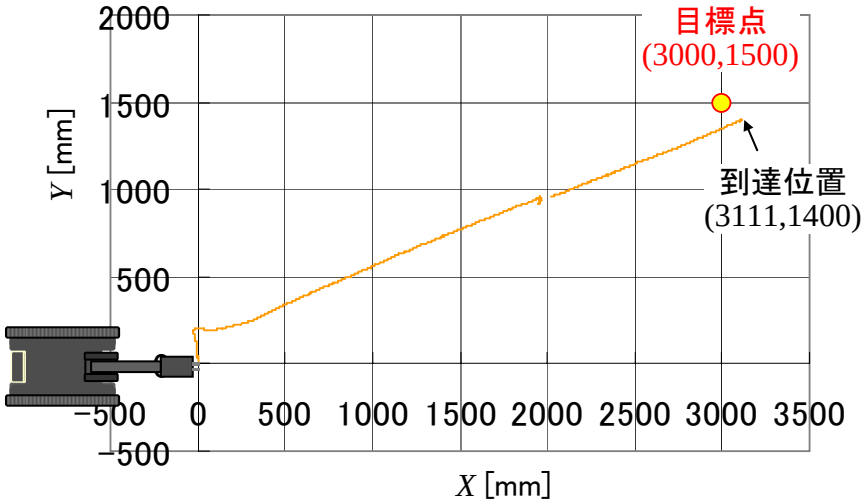
動作結果

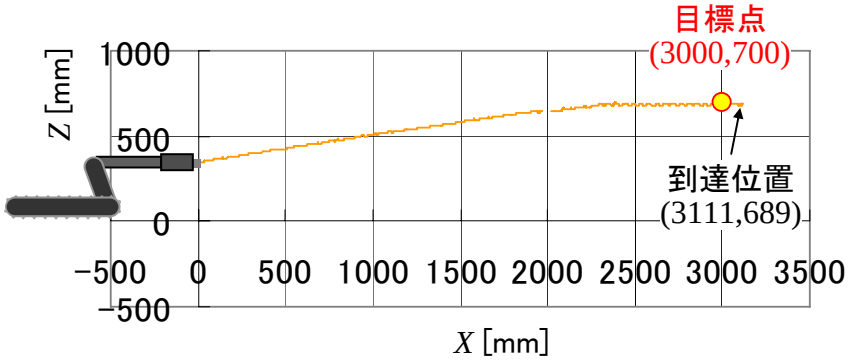
①引き戸の開扉（模擬）





②目標点が作業アームの到達可能範囲・
可動方向から外れている





別紙　5

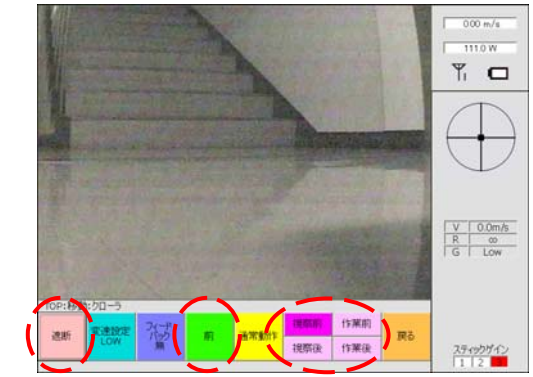
遠隔操縦装置

遠隔操縦装置

	本体	方向入力装置
寸　法	167mm×108mm×27mm	155mm×46mm×32mm
質　量	550g	71g
入　力	5インチ(800×600画素)タッチパネル機能付画面	十字入力スティック、ボタン×2、ダイアル

操作方法

走行入力モード

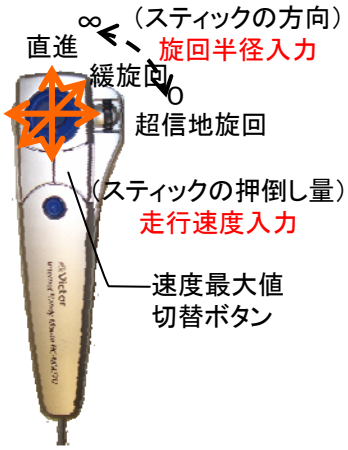


状態表示

走行モード表示

非常停止　前後切替　カメラ切替

メニューボタン



アーム作業入力モード

姿勢表示

現在地
座標

目標点
座標

アームモード表示

先端の
移動方向・
速度の入力

スティックの
・方向
・押倒し量

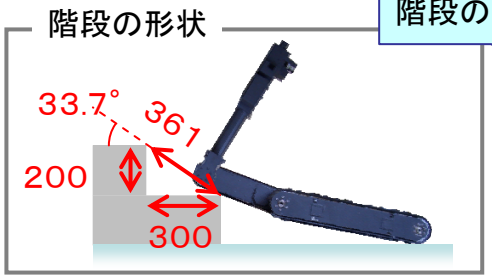
先端の移動目標点の座標入力

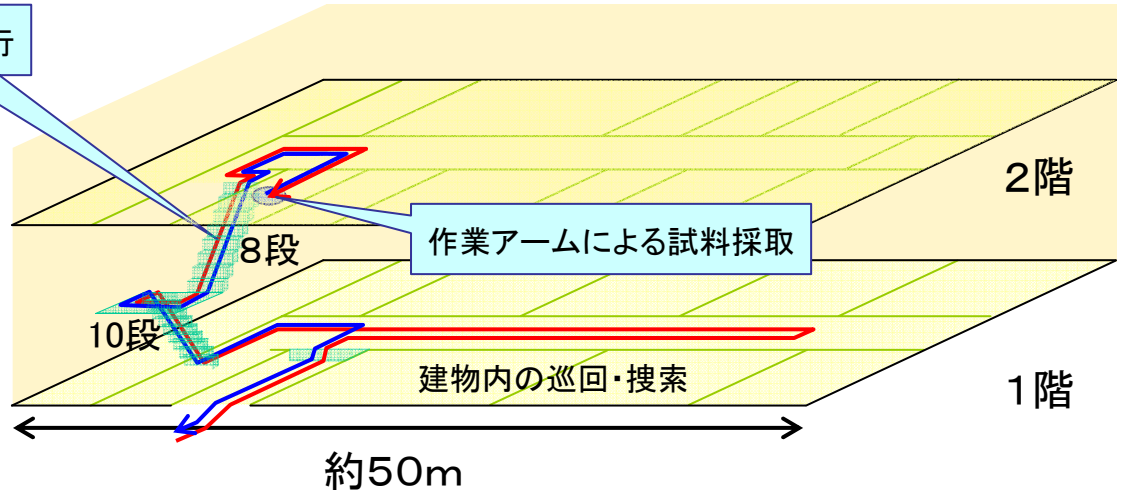
（タッチパネル上のソフトキーによる入力）

別紙　6

総合試験（建物内部での情報収集活動）

試験経路





試験結果

所要時間：26分25秒

階段走行に掛かった時間

操作方法	所要時間	
	上り	下り
全て手動で作業アームを操作した場合	9分30秒	8分50秒
階段走行シーケンスの一部を自動化した場合	6分50秒	7分20秒

作業アームによる試料採取に掛かった時間

操作方法	所要時間
各関節・車体を個別に操作した場合	2分30秒
先端の移動方向・速度を指令した場合	1分40秒

※ホームページに動画ファイル有