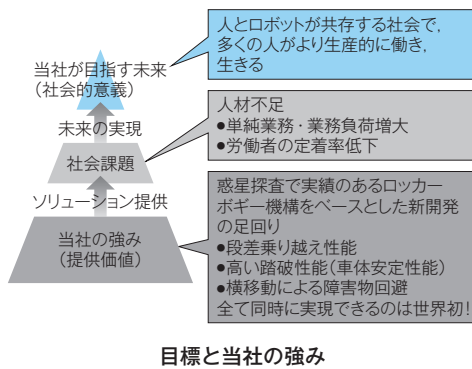


アバターロボットの開発

日吉健太 Kenta Hiyoshi
大谷佳央 Yoshihiro Otani
今井 洵 Jun Imai
牧野洋三 Yozo Makino

キーワード 移動ロボット, アバターロボット, 遠隔操作, 巡視点検

概要



当社では、将来の事業・技術の創出を目指し、「未来テーマ」と称する活動を行っている。社会課題の解決の一助となるアバターロボットの開発を目指し、「移動ロボットワーキンググループ」として取り組んでいる。

施設の巡視点検向けに試作機を製作し、実証試験を実施した。ロッカーボギー機構をベースとした高い走行性能を有する足回りに、様々な用途に向けた機能を付加し、使いやすさと安全性を追求した「アバターロボット」によって、人に代わる新たなツールとしての価値を提案していく。

1 まえがき

移動ロボットワーキンググループ（以下、本テーマ）では、「人と交わっても安全であらゆる障害を乗り越えることのできる移動ロボットをつくる！」を目標に掲げ、移動ロボットの開発に取り組んでいる。試作と実証試験を繰り返し、現場の声を取り入れながら試作を重ね、これまでに一次試作機・二次試作機・三次試作機の製作を通じて完成度を高めている⁽¹⁾。本稿では、施設の巡視点検向けに開発した四次試作機の概要と実証試験の取り組み、開発中のアバターロボット試作機（五次試作機）を紹介する。

2 遠隔巡視ロボット（四次試作機）の特長

本テーマは、遠隔地にいる人が目の前にいるかの

ように振る舞うアバターロボットの実現を目指しており、その足回りは人と同様に段差を乗り越え、自由に移動する能力が求められる。現在開発中のロボットには、火星探査機などで実績がある六輪のロッカーボギー機構を採用した。本機構の特長は、不整地及び段差踏破性能に優れていることである。さらに前輪と後輪にはメカナムホイール、中輪にはオムニホイールを用いた足回りによって、各車輪の回転速度を制御し、平面上を全方位に自由自在に走行する。

第1図に遠隔操作による巡視点検用のロボットとして開発した四次試作機の外観を示す。社内のプラント工事を行う部門と共同で実施した実証試験の結果から、四次試作機は小形・軽量化し、持ち運びが容易な筐体とした。さらに中央に取り付けたリフタでカメラを上下に移動して視点の高さを変更することで、高い位置にあるメータ類を視認できるよう



第 1 図 巡視点検向け四次試作機

リフタなど巡視点検に特化した機能を備える。

にした。マイク・スピーカは、人の顔と同じ高さに配置し、遠隔でもスムーズに会話ができるようにした。四次試作機は、遠隔巡視点検に適したこれらの機能を有する。

3 遠隔巡視点検の実証試験

前述した四次試作機を当社のプラント工事を行う部門へ長期的に貸し出し、実際に業務で使用して遠隔巡視点検の課題を抽出した。その中でロボットの使われ方や現場の要望を考察することで、よりロボットが使いやすくなるように機能のアップデートを重ねた。

ロボットを使った遠隔巡視点検の実証試験では、「遠隔操作の快適性」・「持ち運び・セットアップ作業の容易性」・「カメラの視点切り替え」などの課題があることが分かった。そこで、これらの課題に対し、ハード面・ソフト面を含めて見直した。

ハード面では、ホイールを大径化かつ高性能化し、走行時のカメラ画像の振動を抑制することで、遠隔操作の快適性を向上させた。第 2 図に変更前後のホイールの外観を示す。一方で、車体側は必要



第 2 図 ホイール

手前が変更前、奥が変更後。大径化により走行性能を高めた。

な機能を絞り、軽量化することで持ち運びの容易性を向上させた。

ソフト面では、システム構成を一新し、最小限のセットアップ工程を実現した。また、タブレットのタッチ操作やカメラ切り替え機能を新たに追加し、操作性を向上させた。

このように実証試験とアップデートを短いサイクルで繰り返し、要望を素早く確実に取り込む開発を実現している。

4 アバターロボットの概要

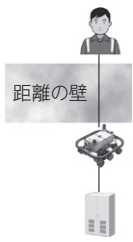
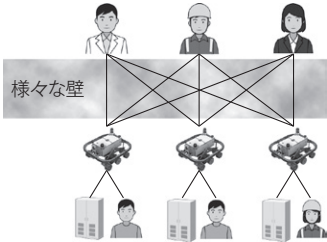
移動ロボットとは、一般的に無人搬送車（AGV）や自律走行搬送ロボット（AMR）に代表される搬送ロボットを指す。一方で、アバターロボットは、遠隔地から人間が操作し、その人の分身であるかのように振る舞う移動ロボットである。また、アバターロボットの重要な機能は「コミュニケーション」である。

人間のコミュニケーションは、言語だけではなく体の動きや表情も含まれる。本テーマでは、言語を用いないコミュニケーション手法も取り入れ、より人間らしいと感ずることができるロボットの開発を目指している。また、本テーマのアバターロボットは一般的な遠隔ロボットとは異なり、一人が複数台のロボットに接続することに加え、一台のロボットに複数人が同時に接続することも想定している。

第 1 表に遠隔ロボットとアバターロボットの比較

第1表 遠隔ロボットとアバターロボットの比較

遠隔ロボットと本テーマの目指すアバターロボットの比較を示す。

	遠隔ロボット	アバターロボット
用途	設備の監視	設備の監視 現場とのコミュニケーション
接続	1人が1台に接続	1人が複数台に接続 複数人が1台に接続
構成		

を示す。これにより、一つのロボットを起点として人と人をつなげ、距離や精神的な壁など様々な壁を乗り越えることができると考える。

このような背景から、実現したいアバターロボットを「遠隔でコミュニケーションができる拡張人格ロボット」と定義している。最終的には、バーチャル空間上から操作できるバーチャルとリアルの橋渡しロボットを目指している。

5 アバターロボット試作機の特長

第3図にアバターロボット試作機（五次試作機）の外観を、第2表に各試作機の仕様を示す。本試作機は、機能の実現を重視した移動ロボットの試作機とは異なり、アバターロボットのコンセプトを重視して製作した。筐体のデザインは、アバターロボットらしく人型の要素を取り入れたカバーで覆っている。ロボットの顔に当たる部分には遠隔操作者の顔が映るタブレットがあり、ロボットと対話する人が話しかけやすい高さに配置した。タブレットは首の角度を上下に振れる構造とし、対話者と視線を合わせたコミュニケーションを取ることができる。遠隔操作者は自由に視野を変えることができ、段差を乗り越える場合には足元を見ることができる。過去の試作機と同様に、不整地走行と全方位走行ができる足回りを有している。安全性を考慮して電源遮断時は、モータ軸に直結した電磁ブレーキを強制的に作



第3図 アバターロボット試作機（五次試作機）

アバターロボットらしさを追求したデザインとした。

第2表 試作機仕様

四次試作機とアバターロボット試作機の仕様を示す。

項目	四次試作機	アバターロボット試作機（五次試作機）
駆動方式	六輪駆動	
サイズ (mm)	W580×H390 (H1600)×L630*1	W600×H770× L600
自重 (kg)	25	
進行方向	全方位走行・カーブ・スピントーン	
操作方式	遠隔操作・自律走行*2	
段差踏破能力 (mm)	100 (75)*1	75
ホイール径 (mm)	152	
最高速度 (m/min)	60	

注. *1. () 内はリフタ付きの場合

*2. 開発中

動させて車体が停止するようにした。

本試作機を用いた実証試験を通じ、アバターロボットとしての課題を抽出し、機能のブラッシュアップに取り組んでいる。

6 ユーザーインターフェース (UI) の改善

これまで試作したロボットの操作は、ゲームコントローラを用いていた。加えて、パソコン (PC) の画面上に作成した仮想コントローラによる操作手法も開発した。しかし、両者とも直感的にロボットを操作するには不向きであり、操作性を向上させるためには別の手法を用いる必要があった。



第4図 スマートフォンによる操作UI画面

デザインに統一感を持たせ、直感的な操作を目指した。

そこで、アバターロボット試作機の操作UI開発では、誰でも手軽に操作できるようにスマートフォンを採用した。第4図に開発した操作UI画面を示す。画面中央の円形の部分をロボットの移動したい方向にスワイプすることで走行できる。どの方向にも移動でき、スワイプする長さによって走行速度を調節できる。上部のアーチ状の部分をスワイプするとその場で旋回させることができ、全方位走行の動作と組み合わせることでカーブ走行もできる。また、中央をダブルタップするとタブレットの首振り機能の制御モードに遷移して、首の向きを上下操作することができる。第5図にアバターロボット試作機から見た前方映像を示す。

さらに、ロボットが障害物に危険距離まで接近して停止した場合スマートフォンが振動し、操作者へ障害物の存在を知らせる機能を新たに搭載した。これにより、操作者はロボットの周囲環境を感覚的に把握できるようになる。

このように視覚的・感覚的な使いやすさを追求してデザインし、実際に現場で使用してフィードバックしてもらうことで、より使いやすいロボットUIの開発を目指している。



(a) 首が正面を向いた時(左:カメラ映像 右:ロボット)



(b) 首が上を向いた時(左:カメラ映像 右:ロボット)



(c) 首が下を向いた時(左:カメラ映像 右:ロボット)

第5図 アバターロボット試作機から見た前方映像

試作機の首を上下させることで、天井や床を視野に入れることができる。

7 むすび

多様性が重視される今日では、人の代わりとして働くアバターロボットの需要は高まると考える。

今後もお客様の要望を取り入れ、試作と実証試験を繰り返しながらユーザビリティを高め、より特長あるアバターロボットへと進化させ、ひいては私たちの暮らしの中で欠かせない身近な存在として社会実装されることを目指す。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

(1) 山中・日吉・柴崎・牧野：明電時報380号，2023/No.3，pp.31-34

《執筆者紹介》



日吉 健太
Kenta Hiyoshi

開発部搬送開発部
移動ロボット開発業務に従事



今井 洵
Jun Imai

推進部プロダクトデザイン課
デザイン設計業務に従事



大谷 佳央
Yoshihiro Otani

開発部搬送開発部
移動ロボット開発業務に従事



牧野 洋三
Yozo Makino

開発部搬送開発部
AGV及び移動ロボット開発業務に従事
