

# 人型ロボットの遠隔操縦における移動指示インタフェースに関する検討

丹羽 真隆 飯塚 博幸 安藤 英由樹 鈴木 隆文 大山 英明 前田 太郎\*

**概要.** 人型ロボットの遠隔操縦において、移動させながら上半身の動作を伴う行動をさせようとした場合、上半身と下半身の両方の操縦に操縦者は意識を向ける必要がある。しかし、人間は上半身の行動を行いつつ意識下で周期運動である歩行を継続することが可能である。歩行において意識して行うのは、この周期運動の開始や停止が伴う、歩行開始や停止、方向転換などを行う場合だけであると考えられる。ロボット操縦においても、このような状態を作り出すことができれば、ロボットの移動指示と上半身の操縦を両立することが容易になると考えられる。本稿では、これの実現を目指し、我々が提案している人の行動意図を操縦桿に直観的に入力することによってロボットを操縦する「つもり制御」を利用した手法の提案について述べる。

## 1 はじめに

人型ロボットを遠隔操縦する事を考えた場合、上半身と下半身の操縦をそれぞれどのようにして行うかを考える必要がある。ロボットに移動しながら何かしらの上半身の動作を伴う行動をさせようとした場合、上半身と下半身の操縦を同時に行うことになり、双方の操縦に操縦者は意識を向ける必要がある様に考えられる。しかし、人間はながら動作が可能である。例えば、二宮金次郎が歩きながら本を読む事ができる様に、上半身の行動を行いつつ無意識に下半身による移動を継続することが可能である。ロボットの操縦においても、これと同様の状態を作り出すことができれば、ロボットへの移動指示と上半身の操縦を両立することが容易になると考えられる。

このような状態を作り出す手法として、トレイグジスタンス [1] が挙げられる。トレイグジスタンスでロボットが移動する範囲と同じ広さの空間を操縦側にも用意する事ができれば、人間が実際に歩く事になるため、この状態を作り出す事ができる。しかし、遠隔操縦のロボットが使用される状況を考えて、ロボットが移動する範囲と同じ広さの空間を用意することが困難である事は容易に想像できる。

そこで我々は、以前より提案している、分節化された行動意図を直観的に操縦桿(入力装置)に入力する事によってロボットを操縦する手法である「つもり」制御 [2] の利用によって、歩行せずとも意識下で歩行が継続されるような状況が作れるのではないかと考えた。本稿では、つもり制御を用いたロボットの下半身の制御に関する提案について述べる。

## 2 つもり制御による移動指示

我々のつもり制御の研究 [2] では、人間の行動意図には分節性があると考え、この分節化された行動意図を操縦桿に連続的な運動として入力し、これを伝送する事によって分節単位でロボットを操縦する。そのためには操縦者の操縦桿入力と行動意図の対応関係をロボットが事前に知っている必要がある。そこで、操縦者に十分に記憶しているロボットの動作を観察させ、そのロボットを自分が操縦しているつもりになって操縦桿に入力させた。そして、このときのロボットの動作と操縦桿入力の関係を記録することにより、操縦者の行動意図と入力の対応関係を取得する。この先行研究では、2本の動かない棒状の操縦桿に力を込める事によって操縦者の行動意図を取得し、ロボットの上半身を制御している。

人間の歩行は周期運動であるため無意識に継続して行う事ができる [3]。よって、周期運動を崩す事になる方向転換や停止、停止から周期運動を開始する場合には意識する必要があると考えられる。そこで、これらの操縦者の歩行開始、方向転換、停止といった行動意図を歩行させずに直観的に操縦桿に入力および検出する事ができれば、人間の歩行の様に下半身の周期運動中の制御を意識下で行えるのではないかと考えた。本章では、どのような装置、方法で操縦者の入力を取得するのか、またその際のロボットの動作をどのように提示するかについて提案する。

### 2.1 操縦者の下半身を利用した入力装置

まず、身体の中のどこで入力を行うかを考える。前述の2本の操縦桿で上半身と下半身を同時に操縦する事も考えられるが、上半身の操縦を従来のトレイグジスタンスなどの他の手法によって行いたい場合も考え、下半身を利用した操縦方法を模索する。

次に、下半身でどのように入力するかを考える。操縦のために下半身が大きく動き、上半身の操縦に影響がでるような状況は好ましくないと考え、足を床に

Copyright is held by the author(s).

\* Masataka Niwa, Takafumi Suzuki, 独立行政法人 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター, Hiroyuki Iizuka, Hideyuki Ando, 大阪大学 大学院情報科学研究科, Eimei Oyama, 産業技術総合研究所 知能システム研究部門, Taro Maeda, 大阪大学 大学院情報科学研究科 / 独立行政法人 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター

固定し操縦者の重心や足裏の圧力分布を利用した入力装置を検討する。足が固定されているため、本当に歩き出そうとする様な動作を行っても足を動かさず事なく、歩行開始などの入力を操縦者の重心や足裏の圧力分布によって取得できると考えている。

そして、従来のつもり制御と同様、操縦者に事前に用意した移動するロボットの映像を観察させ、操縦者が歩いているつもりになって本装置に入力させる。この際、上半身にも課題も与える事で、下半身に意識を集中させない様にする事を検討している。

## 2.2 擬似的な3人称視点を利用した操縦手法

遠隔操縦ロボットでは、通常ロボットの1人称視点の映像のみで操縦を行う事になるが、1人称視点での移動によるオプティカルフロー情報のみからロボットと世界の位置関係を把握する事は容易ではない[4]。しかし、3人称視点からの映像を得るためには、ロボットを写すための別のカメラが必要になる。

そこで、CGによって描かれたバーチャルなロボットを重畳表示する事によって、擬似的に3人称視点での操縦をする手段を提案する。提案手法を図1に従って説明する。(1)初期状態では実ロボットとバーチャルロボットは同じ位置で重なっている。(2)操縦者が移動の指示を行うと、まずバーチャルロボットが移動を開始する。操縦者は、このバーチャルロボットを操縦対象として操縦する。(3)そして、一定時間後にバーチャルロボットが動いた通りに、一定時間遅れで実ロボットが動作する。(4)バーチャルなロボットが停止すると、一定時間後に実ロボットはバーチャルロボットに追いつき、再び重なり合う。その後は、その場で1人称視点で作業を行うか、さらにそこから移動したい場合は(1)に戻る。

この手法は、3人称視点による利点のみならず、バーチャルロボットである事による利点も得られる。例えば、操縦ミスなどが起こった場合、実ロボットはまだその行動を行っていないため、その行動を起こす前にキャンセルする事が可能となる。また、つもり制御では分節単位の一致による操縦を行っているため、これまでは1分節分の入力の終了を待ってからロボットの動作を開始していた。本提案手法では、操縦桿入力開始時から誤判定を恐れず逐次マッチングを行い結果を提示し、誤っていれば即変更する事も可能である。他にも、現在の姿勢から派生する次に取り得る全ての姿勢を提示するような事も可能になる。もちろん、この様な提示を行った場合の視覚刺激による入力への影響は検証する必要がある。

## 3 おわりに

本稿では、つもり制御を利用した遠隔操作ロボットの移動制御を行うための手法を提案し、そのための入力装置や擬似的にロボットを3人称視点から観察する提示手法について述べた。

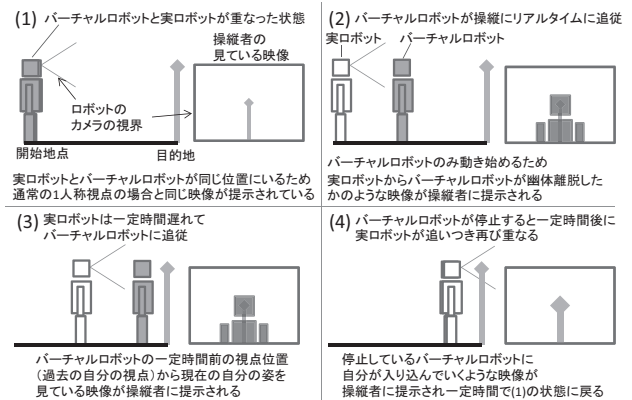


図 1. バーチャルロボットを利用した3人称視点の提示

今後は提案している装置を実装し、本提案手法の優位性を確認する。入力装置については、例えば足踏み動作の様な下半身が大きく動く場合との比較を行う。歩行時の事を考えると、足踏みによる上半身の揺れは問題にならない可能性はあるが、足踏みをしながらの作業は実世界ではあまり存在しないため、歩行と同様に意識下で継続できるとは断言できない。提案した装置についても同じ事が言えるため確認、場合によっては改善が必要であると考え。また、擬似的な3人称視点において、実ロボット動作の遅れは、バーチャルロボットの見える大きさ(頭部のみ、全身など)や、実ロボットの視線方向に垂直な方向に移動した場合に視界からの消えやすさなどに影響を与える。そこで、操縦しやすい遅れの時間の検討が必要となる。また、実ロボットが遅れていることによる影響の検証や、1人称視点のみ利用の場合との比較を行う必要があると考えている。

## 謝辞

本研究は、科研費(22240008)、JST CREST「先進的統合センシング技術」の補助を受け遂行された。

## 参考文献

- [1] S. Tachi and K. Yasuda. Evaluation Experiments of a Telexistence Manipulation System. *Presence*, Vol.3, No.1, pp.35-44, 1994.
- [2] 丹羽 真隆, 飯塚 博幸, 安藤 英由樹, 前田 太郎. つもり制御: 人間の行動意図の検出と伝送によるロボット操縦. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 17, No. 1, pp. 3-10, 2012.
- [3] S. Grillner. Neurobiological bases of rhythmic motor acts in vertebrates. *Science*, 228(4696), pp. 143-149, 1985.
- [4] R. L. Klatzky, et al. Spatial Updating Of Self-Position And Orientation During Real, Imagined, And Virtual Locomotion. *Psychological Science*, Vol. 9, NO. 4, pp. 293-298, 1998.