

# 注目点を用いた自走型テレプレゼンスロボットの自動旋回制御機能

大森紘矢<sup>†</sup> 橋本浩二<sup>†</sup>

<sup>†</sup>岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

## 1. はじめに

近年、遠隔地における作業を行う技術としてテレプレゼンスロボットが注目されており、危険地帯の探索作業、遠隔観光、ショッピングなど様々な分野への応用が期待されている。全天球カメラを使用したテレプレゼンスロボット[1]の研究も行われている。しかし全天球カメラを用いる場合でも、利用者が見ている方向に対し、テレプレゼンスロボットの進行方向を自動的に合わせることは困難である。そこで本研究では HMD(Head Mounted Display)を用いることで、利用者の動作の変化点を見極め、適切なタイミングを計ることによって、遠隔地にあるロボットに対し利用者が見ている方向へ追従旋回させるシステムを提案する。本稿では追従旋回操作を円滑に行うための状態遷移について述べ、自動旋回制御機能を実装し、評価実験を通して提案手法の有効性を検証する。

## 2. システム概要

提案するシステムの概要を図1に示す。

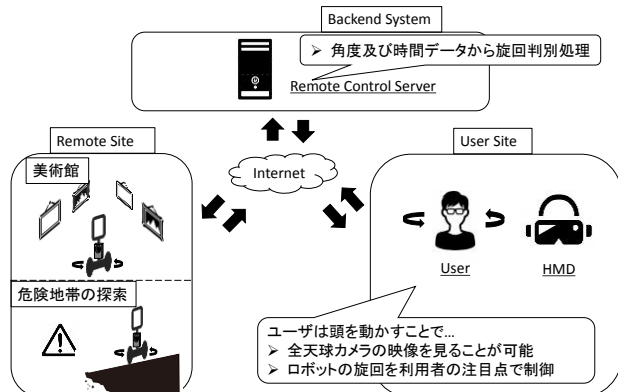


図1 システム概要

前提条件として自走型テレプレゼンスロボットを想定し、360°映像を視聴できる環境を、HMDを装着した利用者に提供する。本システムでは、利用者の向いている方向を注目点とし、テレプレゼンスロボットをその方向へ自動的に旋回させる。また利用者の用途に応じた追従旋回を施すことで従来のテレプレゼンスロボットシステムより円滑な操作をすることが可能となる。

## 3. システムアーキテクチャ

提案システムのアーキテクチャを図2に示す。

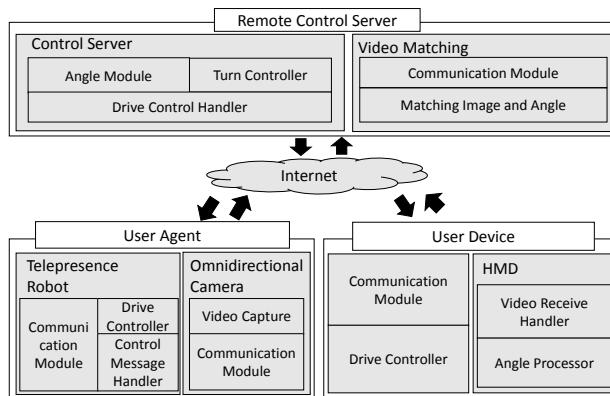


図2 システムアーキテクチャ

本システムでは、利用者が360°映像を見渡せるようにHMDを、テレプレゼンスロボットには全天球カメラをそれぞれ装着する。全天球カメラのCommunication ModuleとRemote Control ServerのVideo Matching機能のCommunication Moduleは対応しており、ここで利用者側にキャプチャするための映像処理を施しHMDのVideo Receive Handlerで映像を受け取る。自動旋回制御機能においては、追従旋回機能を実現するために、利用者が使用するHMDを入力デバイスとして扱うことで角度データを取得する。HMDから取得された角度データはAngle ProcessorからRemote Control ServerのAngle Moduleに送信される。Turn ControllerではAngle Moduleのデータの値を利用して利用者の向いている角度を判別する。また適切なタイミングで旋回制御を行うために、利用者の向いている時間を計測し、各々のデータの値に応じた制御メッセージをDrive Control Handlerから、Telepresence RobotのDrive Controllerへ送信し動作制御を行う。さらに利用者の用途に応じた旋回制御を行うために、動作制御が行われた角度を利用者の向いている角度、すなわち注目点とし、注目点として与えられた角度データの値をTurn Controllerに保存しておき閾値を再度設定していくことで用途別旋回制御に対応する。

## 4. 注目点を用いた自動旋回制御

本システムの円滑な追従旋回操作を実現するための状態遷移を図3に示す。Same Directionは利用者の向いている方向とテレプレゼンスロボットの進行方向が一致している状態を示す。この方向がテレプレゼンスロボットの直進する向きとなる。Turning HeadではHMDから取得される角度データの判定を行っている。この状態の際、利用者の頭部の角度が進行方向と異なると判断した場合Focusing Another Directionに遷移する。この状

Automatic Turning Control Function of Self-Propelled Telepresence Robot using Attention Point  
<sup>†</sup>Hiroya Omori and <sup>†</sup>Koji Hashimoto  
<sup>†</sup>Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

態にいる間、時間を計測し、時間閾値を設けることによって、旋回制御のタイミングに差をつけることで、利用状況に合わせた制御を実現することができる。

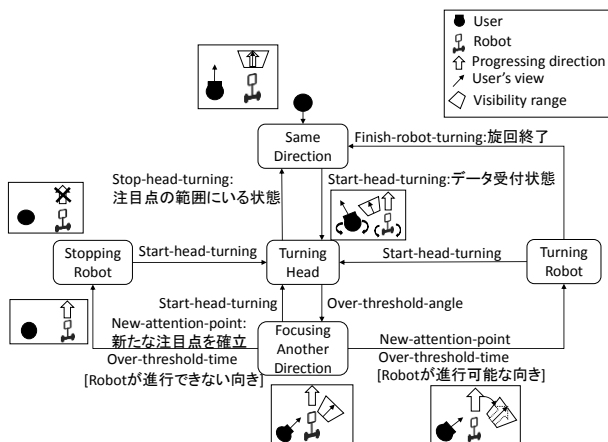


図3 注目点を用いた自動旋回制御の状態遷移

次にテレプレゼンスロボットが旋回するまでの流れを示す。Turning Head 状態において、新たな注目点を検出した場合、Focusing Another Direction へ遷移する。時間閾値を超えた場合、Turning Robot に遷移し、新たな注目点の方向へ旋回を始める。旋回が終了した場合、注目点とテレプレゼンスロボットの進行方向が一致するため Same Direction へ遷移する。これが一連の旋回制御の流れである。一方、テレプレゼンスロボットが旋回制御を終える前に新たな旋回制御命令が出た場合、命令を上書きする。また Focusing Another Direction 状態の際、利用者の注目点に対し、旋回不可能と判断される場合、停止制御が行われ Stopping Robot へと遷移しその後、Turning Head へ遷移する。このように提案する自動旋回制御では、利用者の頭部が動いている Turning Head 状態と旋回動作をしている Turning Robot 状態を分けることにより、利用状況に応じた追従旋回を実現する。

5. プロトタイプシステムと評価実験

上述した状態遷移による自動旋回制御機能の評価するためにプロトタイプシステムを実装した。そのプロトタイプシステム利用イメージを図4に示す。

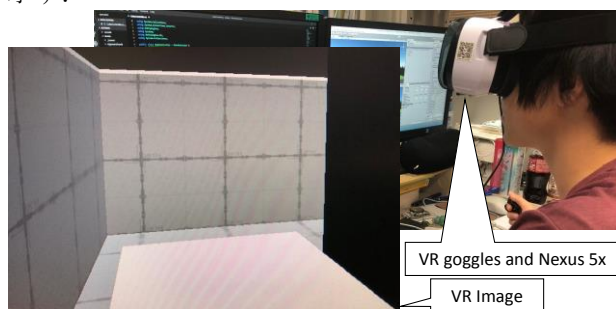


図4 プロトタイプシステム

Drive Controller 機能を実装するためにリングマ

ウスを、自動旋回制御機能を実装するために HMD を用いた。User Agent の動きを確認するために Unity 上で Control Server を実装し、Unity 上に存在する Game Object をテレプレゼンスロボットに見立てて模擬実験を行った。また Control Server, Angle Processor, Drive Controller は C#を用いて実装した。ヘッドトラッキングを利用するために HMD として Nexus 5x を用いた。

プロトタイプシステムを用いて自動旋回制御機能が有効であるかテストを行った。狭い空間と広い空間の二つの対照的なシナリオを用意し、各々のシナリオにおける適切な角度および時間の閾値に対する主観評価実験を行った。狭い空間で動かすことを想定したシナリオの場合、利用者の注目点に対し、水平な角度に対する、角度及び時間の閾値は  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$  で 1sec. 垂直な角度に対する閾値は、上方向が  $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$  で  $0 \sim 1$ sec. 下方向が、 $-10^{\circ} \sim -90^{\circ}$  で  $0 \sim 1$ sec. という結果が得られた。対して広い空間で動かすことを想定したシナリオの場合、水平な角度に対する、角度及び時間の閾値は  $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$  で  $3 \sim 4$ sec. 垂直な角度に対する閾値は、上方向が  $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$  で  $3 \sim 4$ sec. 下方向が、 $-10^{\circ} \sim -90^{\circ}$  で  $3 \sim 4$ sec. という結果が得られた。各々のシナリオに対し、適切だと考えられる閾値には差が生じるため、用途に応じて閾値を設定することは有効であると考えられる。ただ、広い空間上でテレプレゼンスロボットを操作するシナリオの場合、各閾値を大きくとってしまっているため細かな制御が必要になった際、対応できないという課題がある。そのため閾値の切り替えを行い対応する必要がある。

6. まとめ

本稿では全天球カメラと HMD の連携を利用した自走型テレプレゼンスロボットシステムにおける自動旋回制御システムを提案した。HMD から取得できるデータに対して角度および時間の閾値を持たせることで用途に応じた適切な旋回制御を実現する。プロトタイプシステムでは注目点を用いた自動旋回機能の状態遷移による制御が可能であることを確認し、シナリオに対して有効であるかどうかテストを行った。今後は新たなシナリオを用意し Unity 上でのシミュレーションから得られた値を参考にし、実機を用いた機能の実装と評価実験を進めていく予定である。

参考文献

[1]J. Zhang, E. Langbehn, D. Krupke, N. Katzakis and F. Steinicke, "Detection Thresholds for Rotation and Translation Gains in 360° Video-Based Telepresence Systems," in IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics, vol. 24, no. 4, pp. 1671-1680, 2018.