



操髪 -そうはつ-

Sōhatsu: Controlling the Giant through Hair

長谷 柁彦¹⁾, 田中 克尚¹⁾, 松本 大杜¹⁾, 小田 裕介¹⁾,
長尾 祐斗¹⁾, 森本 旭陽¹⁾, 河盛 真大¹⁾
Masahiko HASE, Katsuhisa TANAKA, Taito MATSUMOTO, Yusuke ODA,
Yuto NAGAO, Asahi MORIMOTO, and Masahiro KAWAMORI

1) 関西学院大学大学院 理工学研究科 (〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原 1 番, m.hase@kwansei.ac.jp)

概要: 本企画は、髪の毛を模したロープ型インタフェースを用い、他者の身体を間接的に操作する新しい体験型コンテンツを提供する。体験者は巨人の頭部に乗り、両手でロープを引っ張ったり傾けたりねじったりすることで、巨人の動作を直感的に制御する。一人称視点による視覚提示と振動フィードバックを組み合わせることで、高所から見下ろす感覚や動きの連動による没入感を実現する。また、巨人に意志を持つ存在としての振る舞いを与えることにより、単なる機械制御とは異なるインタラク션을創出する。

キーワード: インタラクティブインタフェース, 身体操作, 床振動, ロープデバイス

1. はじめに

これまで、ロボットやアバターを操作するためのインタフェースとしては、コントローラーによる入力や、操作者とロボットの動作を一体化させるリーダーフォロワー制御など、さまざまな研究がなされてきた[1]. また、ユーザーの漠然とした意図を読み取り具体的な動作に変換する「つもり制御」といったアプローチも提案されている[2]. しかし一方で、「手綱を引く」ように、ロープ状のデバイスを用いて感覚的に操作するという手法に関する研究は、これまでにほとんど見られない。

他者の身体を直接操作するという発想は、現実では困難である一方、フィクションの世界ではしばしば魅力的な表現として描かれてきた。例えば映画『レミーのおいしいレストラン』では、ネズミが人間の髪の毛を引っ張ることで身体を操るという印象的なシーンが登場する[3]. このような、生きた存在の手綱を握るような操作体験は、従来のロボット制御とは異なり、緊張感や反応の「手ごたえ」といった感覚的要素を伴うことで、身体を通じた深いインタラク션을生み出す。その結果、インタラクティブ体験に新たな臨場感と意味づけの可能性をもたらすと考えられる。

本研究では、髪の毛を模したロープ型インタフェースを用いることで、他者の身体を手綱で操るような新たな体験を提案する(図 1). 体験者は、巨人の頭部に乗った冒険者になりきり、髪の毛型ロープデバイスを引く・傾ける・ね

じるといった直感的な操作を通じて、巨人の動作を制御する。加えて、巨人にはあえて意志を持つ存在としての振る舞いを与え、曖昧な入力や不明瞭な操作に対しては操作者の意図に反した行動を返す設計とすることで、単なる機械制御とは異なるインタラク션을創出する。

さらに、視覚提示には一人称視点映像を用いた巨大スクリーンによる投影方式を採用し、振動台を通じた身体的フィードバックと組み合わせることで、視覚・触覚の統合による強い没入感と臨場感を実現する。本稿では、この新たな操作体験を実現する「髪の毛型ロープデバイス」の構造とセンシング方式、ならびに巨人の頭頂部視点で展開される体験型コンテンツの設計について述べる。



図 1: 企画構想

2. システム構成

本システムは、「髪の毛型ロープデバイス」「視覚提示」「床振動」の3要素から構成される。これらが統合的に連携することで、体験者は巨人の頭部に乗った冒険者視点で巨人を操作するという没入的な身体感覚を得ることが可能となる（図2）。

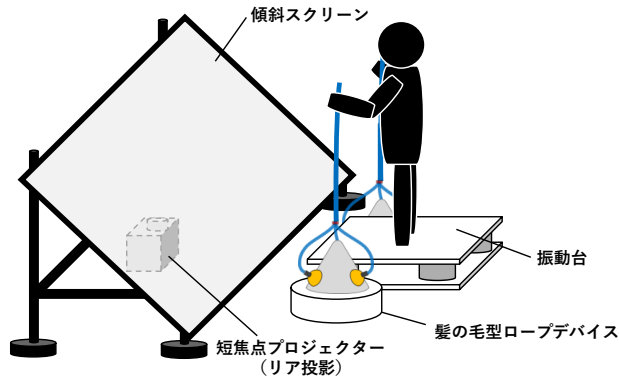


図2：体験概略

2.1 髪の毛型ロープデバイス

髪の毛型ロープデバイスは、本研究における操作インタフェースの中核を成すデバイスであり、以下の構造と機能を持つ。

2.1.1 デバイス構造

デバイスは、三角錐の内部に等間隔に配置された3つのボールジョイントから構成される。各ボールジョイントにはロープが接続されており、それらを中央で束ねることで、体験者はロープ全体を一本の束として操作する（図3）。ボールジョイントは外側に傾けた状態で設置され、根元には重りが付いており、自重により倒れる構造となっている。これにより、ロープを引かずに手を下ろした状態では、ボールジョイントが自重によって倒れ、下方向の入力となる。

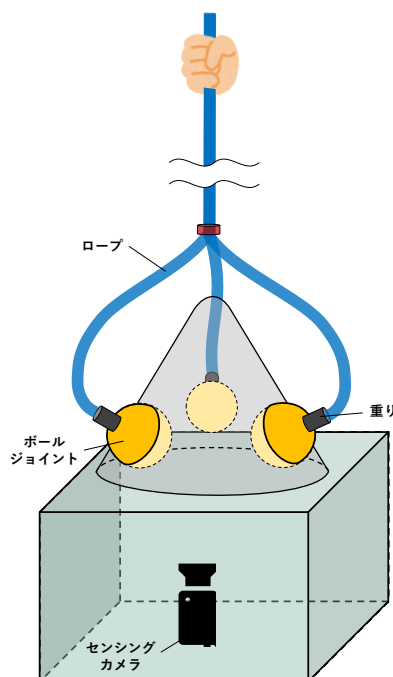


図3：髪の毛型ロープデバイス構造

また、デバイス下部に設置されたセンシングカメラにより、3つのボールジョイントの傾きを検出する。

2.1.2 操作と入力形式

本デバイスでは、主に以下の3種類の操作が可能である。

- **上下操作（引き上げ・たるませ）**：全体を持ち上げると3点のボールジョイントが起き上がり、入力がオンになる。逆にロープをたるませると自重で倒れ、入力がオフとなる（図4）。

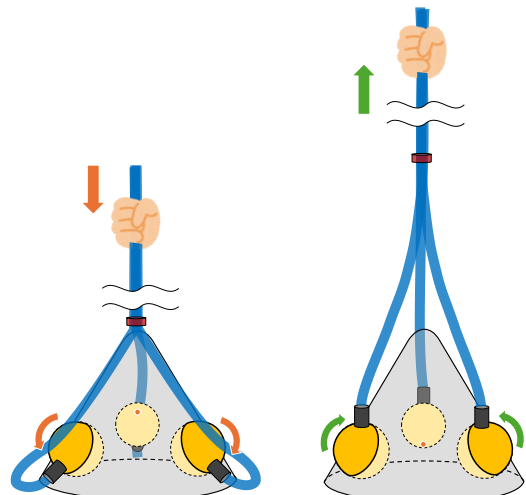


図4：髪の毛型ロープデバイスによる上下操作

- **傾き操作（方向入力）**：ロープ束を一方に傾けることで、3点の傾きに差が生じ、最も下向きのボールジョイントの方向が操作方向として認識される（図5）。

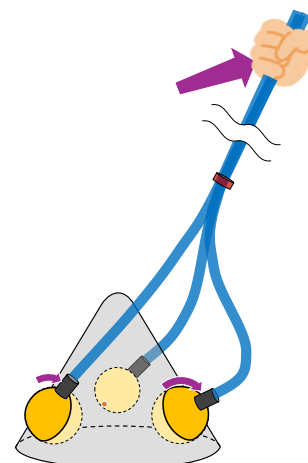


図5：髪の毛型ロープデバイスによる傾き操作

- **ねじり操作（回転入力）**：ロープの束を一方に回転させ続けると、ロープは三角錐に沿うようにねじれ、デバイスを真上から見た際、各ボールジョイントが時計回りもしくは反時計回りの向きで傾く。これにより、ロープのねじれを検知する（図6）。

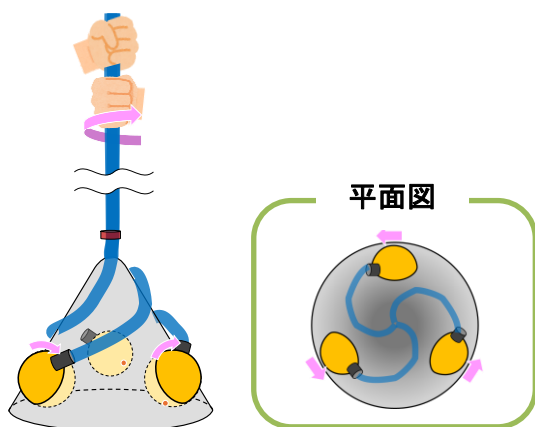


図6: 髪の毛型ロープデバイスによるねじり操作

2.1.3 センシング方式

本デバイスは、引っ張るなどの操作により、ボールジョイント部分に大きな負荷がかかる。そのため、ボールジョイントの傾き方向の検出手法として、ジョイスティックのような磁気センサーを用いる方式ではなく、カメラセンシングによるマーカートラッキング方式を採用する。具体的には、ボールジョイント本体を6層のカラーストライプで塗装し、デバイス内部に設置したセンシングカメラによってジョイント端の2点の色相を検出する。二点の色相の組み合わせパターンから、ボールジョイントの傾斜角および方向を推定する仕組みである。ボールジョイントの傾きによる二点の色相パターンの変化を図7に示す。

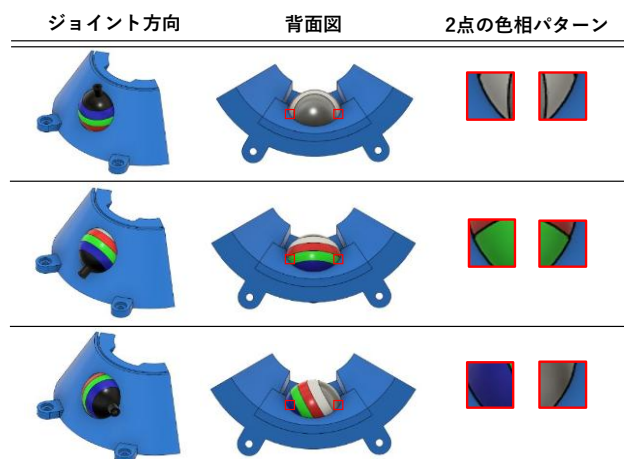


図7: 色相パターン例

本デバイスは、1台の髪の毛型ロープデバイスに対し、2点×3ジョイントの計6点を1台のセンシングカメラで検出する。各ボールジョイントの傾き状態をもとに、上下操作、傾き操作、ねじり操作などの各操作パターンを仮定した入力パラメータを算出する。

2.2 視覚提示

本システムにおける視覚提示は、巨人の頭部に乗った冒険者の一人称視点映像を、体験者の腰高さから足元にかけて配置された巨大な傾斜スクリーンに投影することで実現される。これにより、HMDのような装着型デバイスを用いずに、広視野角による強い没入感を提供する。また、

本企画において体験者は振動台の上に乗るため、安全上の観点からも、体験者自身が足元を確認できるスクリーン方式を採用している。

2.3 床振動

本体験では、巨人の動作に応じた身体的フィードバックを提供するため、振動による感覚提示を導入している。体験者は専用の振動台の上に立ち、視覚映像に連動して発生する揺れを足元から感じ取ることで、巨人の動作と一体化したような臨場感を得ることができる。

振動台には、複数の振動スピーカーを搭載しており、巨人の歩行や動作のタイミングに合わせて、音声信号による揺れを生成する。この際、振動スピーカーからの振動は、床板を通じて体験者に伝達される。このような床振動を利用した感覚提示は、VRコンテンツにおける臨場感の向上を目的とした研究で多く用いられている手法である[4][5]。足裏からの触覚刺激によって、視覚情報だけでは得られない深い没入感を創出する。動作に付随する「ざわつき」や「震え」といった微細な揺れが視覚情報と重なることで、体験者により強い没入感を与える。

2.4 全体システム構成

本体験のシステム構成を図8に示す。

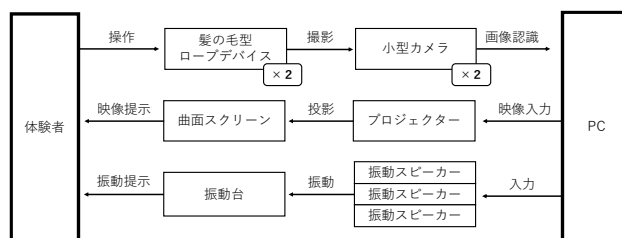


図8: システム構成

3. 体験シナリオ

体験者は、捕らわれた仲間を助け出すという目的のもと、巨人の頭部に乗って、巨人の髪の毛を引っ張り、操作する体験型コンテンツである。視点は一貫して巨人の頭部に乗った冒険者の一人称視点で提供され、巨大なスクリーンに映し出される映像と振動台の揺れにより、高所からの没入感ある視覚・身体体験が得られる。

体験は、以下の複数のシーンで構成されており、それぞれの場面で実行可能な操作と巨人の動作はあらかじめ設定されている。自由に巨人を動かすことはできず、各シーンで指定された動作に対してのみロープ操作が反映される形式となっている。

- 目覚めのシーン

【場面】: 眠っている巨人を髪の毛を引っ張って目覚めさせる。

【操作】: 両手のロープを上方向に強く引っ張ることで、巨人が反応し、目を覚ます。

- 立ち上がり・歩行シーン

【場面】: 巨人を立てせ、目的地に向けて歩行させる。

【操作】：両手でロープを同時に引くことで立ち上がり、引いた状態を維持したまま、両手を交互に前後へ傾けることで歩行動作が可能となる。

● **錠前破壊シーン**

【場面】：仲間を閉じ込める門の錠前を石で叩き壊す。

【操作】：両手のロープを上下に動かすことで、巨人の腕が石を持ち上げ、振り下ろす動作を繰り返す。

● **門解放シーン**

【場面】：門を開くため、滑車のハンドルを回す。

【操作】：片手のロープを引き上げ、空中で円を描くように手を大きく水平に回す。

● **ツタ破壊シーン**

【場面】：檻を覆う巨大なツタをねじり切る。

【操作】：片方のロープを両手で持ち、ロープを一方方向にねじる。ねじり量が一定以上に達すると、ツタが破壊される。

4. おわりに

本企画では、髪の毛型ロープデバイスを用いた新規の操作インタフェースを提案し、巨人の動作を直感的に制御する没入型体験システムを構築した。視覚提示と身体的フィードバックの統合により、体験者は高所からの視点と動きをリアルに感じ取ることができる。また、自律的な意志を持つ巨人を操作するという構成は、単なる機械制御とは異

なるインタラク션을創出している。本作品を通じて、フィクションでしか味わえなかった「他者を操る」感覚に触れ、身体感覚やインタラクシオンに対する新たな視点に気づくきっかけとなることを期待している。さらに、本インタフェースは身体性を活かした操作表現の可能性を広げる足がかりになると考えている。

参考文献

- [1] 渡邊孝一，川上直樹，舘暲：6 自由度ヘッド及び空圧アームを有するロボットを用いたマスタスレーブシステムの構築 -テレイグジスタンスの研究第 60 報-，第 14 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，2009.
- [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] Brad Bird：レミーのおいしいレストラン，Pixar Animation Studios，Walt Disney Pictures，2007.
- [4] 久原拓巳，駒崎掲，渡邊淳司，田中由浩：合成振動触覚刺激に対する知覚現象の基礎検討，第 27 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，2022.
- [5] 崔正烈，柳生寛幸，坂本修一，鈴木陽一，行場次朗：多感覚コンテンツの音情報から生成した床振動の高次感性促進効果，情報処理学会論文誌，Vol. 59，No. 11，pp. 1986-1994，2018.