

直感的な作業指示のための眼幅制御による遠近感の操作

川部 淳志^{1,a)} 磯山 直也^{1,b)} 酒田 信親^{1,c)} 清川 清^{1,d)}

概要: 広い倉庫やビルの建設現場などの広大な作業空間における協調作業では、作業の指示者が全体を把握して作業者にわかりやすく指示を出すことは容易ではない。一方、近距離の対象物に対しては指差しによって直感的にポインティングが可能である。そこで本研究では、指示者に提示するステレオ映像の眼幅（カメラ間距離）を調整し、両眼視差を制御することで空間に対する遠近感を操作し、遠距離の対象物であっても手の届く距離にあるように見せることで、直感的に指示できるシステムを提案する。本稿では将来的な実空間での作業支援への応用を目指し、まず VR でシミュレーションした結果を手法とともに述べる。

1. はじめに

1.1 背景と目的

広い倉庫やビルの建設現場等において、作業の指示者が空間全体を把握し作業者にわかりやすく指示を出すことは容易ではない。このような広大な空間において空間全体を見渡し、容易に指示を行えるシステムが求められる。空間の把握に関して、人は自己の身体や周囲の物体のサイズ・距離を主に視覚情報によって認識しており、視覚情報が変化すると身体や物体に関する知覚も変化する。本研究ではこの特性に着目し、Head Mounted Display (HMD) に提示するステレオ映像の眼幅（カメラ間距離）を調整し、両眼視差を制御することで、指示者に周囲の空間が接近する感覚を提示する。これにより、遠い距離の対象物であっても手の届く距離にあるように見せることで、直感的に作業指示を行えるシステムの構築を目指す。

1.2 両眼視差

人が周囲の物体との距離を把握するための奥行き手がかりの一つに「両眼視差」がある。両眼視差とは左右の目の見え方の相違であり、物体の立体的な奥行きを知覚する手掛かりとなる。遠くの物体を見ているときほど両眼視差は小さくなり、近くの物体ほど両眼視差が大きくなる。したがって眼幅を拡大し、両眼視差を大きくすることで、空間全体が縮小し観察者に接近したような視覚効果が得られる(図 1)。本研究では距離感操作のためにこの原理を用いる。

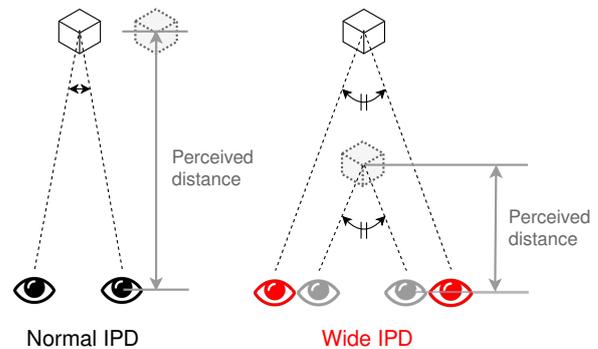


図 1 眼幅による物体の距離感の知覚の違い

2. 関連研究

視覚情報が身体サイズの知覚に与える影響を調査した研究として、Lee らの研究がある [1]。この研究では、上空からの映像を Virtual Reality (VR) 環境で被験者に提示しており、調査結果として身体サイズの知覚は眼幅に依存し、眼幅が通常サイズだと等身大で宙に浮いているように感じ、十分に広いと巨人になったような感覚が得られることを確認している。また、現実空間で巨人サイズの身体感覚を得る研究として、巨大なロボットに搭乗し動きを連動させることで巨大ロボットのサイズに身体感覚を拡大する研究 [2] や、ドローンを用いて巨人目線の高さにあるステレオカメラ映像を HMD に提示することで巨人感覚を得る試み [3] がなされている。これらは巨人感覚の獲得にフォーカスを当てたものであり、相対的には空間全体が縮小、接近しているように感じられる。本研究では対象物を手が届く距離にあるように見せることで、将来的には実空間での作業支援への応用を目指している。

¹ 奈良先端科学技術大学院大学

a) kawabe.atsushi.jw6@is.naist.jp

b) isoyama@is.naist.jp

c) sakata@is.naist.jp

d) kiyo@is.naist.jp

3. システム設計

3.1 概要

本研究では眼幅を拡大して対象物までの見かけの距離を縮小することで、広い空間でも指差しを用いて直感的に作業指示できるシステムを構築する。図2のように指示者はHMDを装着し、2基のドローンのカメラ映像を左右の目それぞれに投影することで、指示者はドローンの距離に相当する視点とドローンの間隔に相当する眼幅での視界が得られる。さらにHMDの映像上に指示者の手を重畳表示し、直感的な指差しを行えるようにする。今回は2基のドローンを左右の目に対応させる方法を提案したが、この手法では見る方向を変更する際にドローンの移動による遅延が発生する。解決策として、全方位カメラを搭載したドローンを4基以上円環状に配置し、あらゆる視線方向の映像に瞬時に切り替えるシステムが考えられる。また、HMDの映像内で出した指示を受け手に伝達する方法についてはプロジェクタでの投影やディスプレイでの表示を検討している。

3.2 シミュレーション

提案システムを開発する前にその視覚効果を簡易的に確認するためにVR上でシミュレーションを行った。シミュレータはUnityで実装し、HMDとしてVIVE Proを用いた。街のモデルセットを舞台として、建物やオブジェクトに対する見え方を調査した。ドローンを想定して左右の目にそれぞれ1つずつのカメラオブジェクトを用意し、コントローラで眼幅や目線の高さを自由に変更できるようにした。手の表示には左右のコントローラにそれぞれ手のモデルを対応させ、自分の手が投影される感覚を模擬した。手のモデルは提案システムにおける手の重畳表示を再現するために両カメラの映像とは別にレンダリングした。

3.3 所感

ビルの上部に相当する目線で眼幅を増減したところ、通

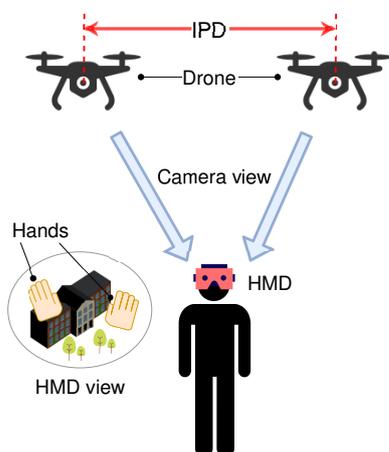


図2 システムの概要図

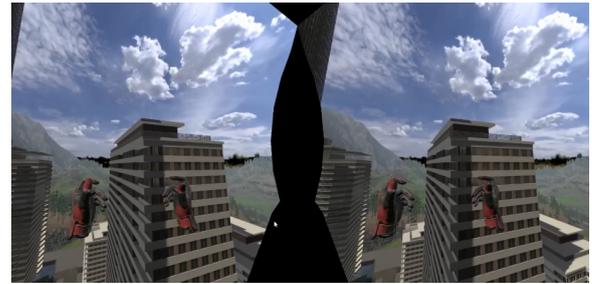


図3 シミュレータのスクリーンショット

常の眼幅サイズではビルが遠くに見えるが、巨人サイズの大きな眼幅ではビルに手が届くような感覚が得られた。また、自己の身体情報の表示は外界のスケールの認識の手掛かりとなるため[4]、手を表示することは眼幅の拡大による空間縮小の感覚をさらに高めた。手を重畳表示すると眼幅に拘らず手の視差は一定に保たれるため、空間に対して相対的に身体が巨大化した感覚(腕、手の拡大)が得られた。

3.4 眼幅の自動調整機能

近距離に物体がある場合に眼幅を拡大すると、左右の映像が融像せずに視覚的に邪魔になる問題があった。そこで、見ている物体との距離に応じて眼幅を自動で調節する機能を実装した。この機能によって見ている物体は常に融像し、常に手の届く距離に知覚できる効果が得られた。今後、任意の注目物体までの見かけの距離を一定に保てる利点を活かし、実空間のシステムへの活用も検討する。

4. まとめ

本稿では眼幅制御による距離感操作を活用した作業指示のシステムの提案と、VRでのシミュレーションを行った。シミュレーションから眼幅を広げることで空間が接近する感覚や、目線の高さを上げることで空間縮小の感覚が得られ、広い空間における作業指示への可能性が確認できた。今後は、本稿で提案した手法を踏まえ、VR空間内での作業指示のシミュレーションの後に実空間でのシステムの実装に取り組む。

参考文献

- [1] G. A. Lee, B. Ens, B. H. Thomas, and M. Billinghurst: "Superman vs Giant: A Study on Spatial Perception for a Multi-Scale Mixed Reality Flying Telepresence Interface," *TVCG*, Vol. 24, Issue 11, pp. 2974–2982 (2018).
- [2] 森田大輔, 圓崎裕貴, 矢野博明, 岩田洋夫: "Big Robot Mk.2 を用いた歩行感覚の拡大," 第23回日本VR学会大会論文集, 31D-2 (2018).
- [3] M. Furukawa, H. Ando, and T. Maeda: "The Giant Experience: Visual Transfer Design to Virtually Extend the User's Body," *ICAT-EGVE 2014* (2014).
- [4] N. Ogawa, T. Narumi, and M. Hirose: "Distortion in Perceived Size and Body-based Scaling in Virtual Environments," *AH '17*, Article No. 35, pp. 1–5 (2017).