

VR 空間におけるキャストシャドウの提示法が 物体操作に与える影響

関谷 尊範 石井 雅博 唐 政 山下 和也

富山大学大学院理工学教育部 〒930-8555 富山市五福 3190 番地

E-mail: m0671113@ems.u-toyama.ac.jp {ishii,ztang,kazuya}@eng.u-toyama.ac.jp

あらまし 3DCG で表現された VR 空間で物体操作を行う際、ユーザに奥行きを正確に知覚させることは重要である。本研究では両眼立体視やキャストシャドウの提示が物体操作に与える影響を調べた。実験の結果、キャストシャドウの提示は作業の正確さや迅速性に効果があることが分かった。

キーワード キャストシャドウ,奥行き知覚,立体視,手がかり

The effect of Cast Shadow on operation of virtual objects using haptic display

Takanori SEKIYA Masahiro ISHII Zheng Tang and Kazuya YAMASHITA

Graduate School of Science and Engineering Education, University of Toyama

3190 Gofuku, Toyama-shi, Toyama, 930-8555 Japan

E-mail: †m0671113@ems.u-toyama.ac.jp {ishii,ztang,kazuya}@eng.u-toyama.ac.jp

Abstract It is important that the user perceives Depth in virtual Reality. We researched how CastShadow and Stereopsis gives the user Depth perceives. In our research, Cast Shadow is effective on quicker and more correctly operation.

Keyword:CastShadow,Depthperceive,Stereopsis,Cue

1. はじめに

1.1 研究目的と概要

CG で表現された VR 空間で物体操作を行う際、ユーザに三次元情報を正確に知覚させることは重要である。そのために遠近法による見かけの大きさの違い、隠蔽、両眼視差による立体視、輻輳、キャストシャドウ、運動視差などといった奥行き手がかりは重要な要素である。

これらの奥行き手がかりから正確な位置情報が得られれば VR 空間内で正確な物体操作を行うことが可能となる。しかし、全ての手がかりを VR で表現するのは困難である。たとえば、両眼立体視を提示するには二つの画像を両眼にそれぞれ見せるため、ミラーを用いた装置、偏光フィルタを用いた装置、

シャッターメガネを用いた装置、パララックスバリア方式の装置などを用いなければならない。また、運動視差を提示するには頭部の位置をリアルタイムに測定する装置が必要である。これに対し遠近法や隠蔽、キャストシャドウといった絵画的な手がかりは CG で実現可能であり、特別なハードウェアは必要ない。

そこで本研究では VR 空間でキャストシャドウを提示した際の物体操作性を検証し、ユーザの奥行き知覚に与える影響を調べ、奥行き手がかりとしての情報の評価をする。

1.2 キャストシャドウ

キャストシャドウとはある物体が上方からの光を遮ったときに、その下方にできる影のことである。このキャストシャ

ドウの位置の変化により画面内の物体の位置が実際には変化していないにもかかわらず、それを見るユーザにはその物体の位置が変化して知覚される[1]。このことを以下の例で示す。

球体と平面のあるVR空間において図1左の様な位置に球体のキャストシャドウを提示するとユーザには球体が画面の奥に接地しているように知覚される。一方、同図右の位置にキャストシャドウを提示すると球体は手前に浮き上がっているように知覚される。

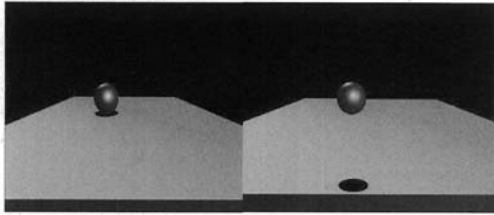


図1 キャストシャドウ

この二つの球体は画面内では全く同じ位置に描画されているのだが、提示されたキャストシャドウの位置によりユーザには全く違った三次元位置に知覚される。このようにキャストシャドウはユーザの奥行き知覚に強く影響を与えている。キャストシャドウでユーザに正確な奥行き知覚を与えることができれば物体操作に有効な手がかりとなると考えられる。

北島らはキャストシャドウと両眼立体視がユーザに与える奥行き感の成立について実験し、キャストシャドウと両眼視差が同時に存在するとき、奥行き感にあたる影響には線形的な結合の可能性があるかと報告している。[2]

1.3 両眼立体視

人間の両眼は水平におよそ6.5cm離れた位置にあるので、ある対象を見たときの両眼の網膜像は全く同じ位置ではなくズレが生じる。このズレは両眼視差、または両眼網膜像差と呼ばれている。両眼視差の量が多いときは二重像として知覚され、奥行き感は明瞭ではないが、両眼視差の10分(1分は1度の60分の1)以下の場合には両眼の像が融合してひとつの物体として見え、明瞭な奥行き感が知覚される。

この両眼立体視を利用してユーザの両眼にそれぞれ視差を

与え、平面ディスプレイ上に描画されたVR空間に奥行き感を与えることができる。

両眼立体視はVRシステム構築において有用であると考えられている。

2. 実験

2.1. 実験環境

本実験ではマイクロソフト社のDirectXを用いてVR空間を描画している。また、キャストシャドウは以下の方法で表現している。まず、キャストシャドウのできる物体の座標を逐次計測し、キャストシャドウの座標として格納する。そして、その座標の高さの値をキャストシャドウの写る地面の高さの値に変換する。この座標に黒い半透明の薄い板状の物体を出力することで、物体の真下の地面にキャストシャドウが描画される。

両眼立体視はNVIDIA 3D Stereoを用いて描画し、CRTディスプレイとシャッターズコープで被験者の両眼に視差を与え、両眼立体視を提示している。

VR空間の操作デバイスにはSPIDAR[3](図2)を用いている。SPIDARはユーザの指先につけてある糸の長さからユーザの両手の位置を計測し、2つポイントとしてVR空間に表示することができる。また、VR空間内での衝突力や接触力などを計算し、力覚を与えることもできる。これにより、ユーザはVR空間を直感的に操作することができる。

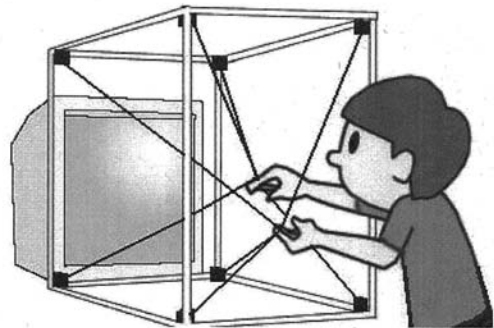


図2 操作風景

本実験では、図2のようにCRTディスプレイ(21インチ)と被験者の間にSPIDAR(75cm四方の立方体)を設置する。

被験者はディスプレイに出力された VR 空間を見ながら自分の手で実験空間を操作する。

2.2. 実験方法

本研究では、キャストシャドウ提示の有無および立体視提示の有無が、物体操作に与える影響を調べるために表 1 に示す 4 条件で物体操作実験を行った。

表 1 手がかり提示条件

	キャストシャドウ	立体視
None条件	なし	なし
CastShadow条件	あり	なし
Stereopsis条件	なし	あり
Both条件	あり	あり

実験は図 3 のような VR 空間で行う。立方体のターゲットを板状の目標台の上に移動させるタスクを用いた。図 3 の 2 枚の小さな板状の物体はポインタ（仮想の指先）である。

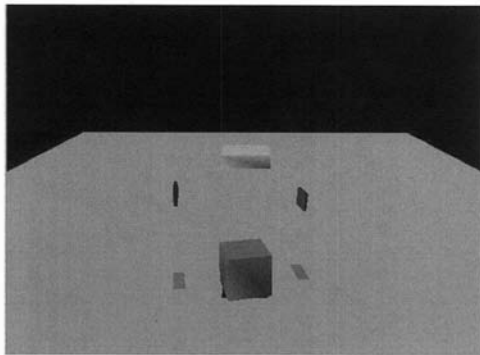


図 3 実験空間

被験者は 3 人で上記の作業を表 1 の 4 条件でそれぞれ 10 回ずつ計 40 回行い、作業の成功率と作業時間を計測した。成功・失敗については、被験者が物体を把持し目標台に置くことが出来た場合成功とし、目標台と違う位置に物体を置いてしまった場合失敗とした。試行回数は成功・失敗に関わらず、

目的物体を持った時点で試行 1 回とした。また、作業時間は被験者がポインタを操作し、物体を目標台に置くまでの時間である。

さらに、操作慣れによるデータの偏りを防ぐため目標台の大きさや位置、手がかりの提示条件は毎試行ごとにランダムに変えて実験を行った。（図 4）

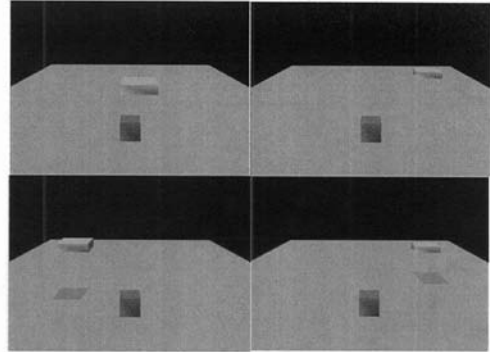


図 4 被験者に与える実験空間例

3. 結果

各条件における成功率を以下の図 5 に示す。図 5 の値は 3 人×10 回の平均でありエラーバーは標準誤差である。

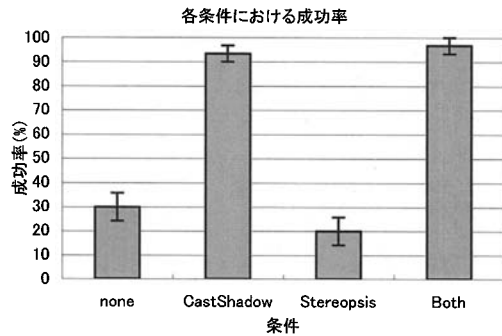


図 5 各条件における成功率

また、各条件における平均作業時間を図 6 に示す。図 6 の値は作業が成功したときの作業時間のみ計算されており、失敗した際の作業時間は含まれていない。エラーバーは標準誤差である。

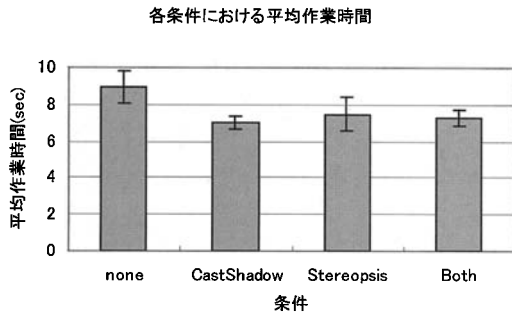


図6 平均作業時間

成功率はキャストシャドウと立体視を併用した場合が最も高く、次いでキャストシャドウのみ、キャストシャドウ・立体視なし、立体視のみの順となった。図5からも分かるようにキャストシャドウを与えた場合、成功率は著しく向上した。キャストシャドウを与えなかった場合、作業はほとんど失敗し、視差を与え立体視で奥行き感を被験者に与えても作業の成功率は向上せず、逆に下げる結果となった。

平均作業時間はキャストシャドウを与えた場合の平均作業時間がもっとも短く、次いでキャストシャドウと視差による立体視を併用、立体視のみ、キャストシャドウ・立体視なしの順となった。図6からもわかるように平均作業時間においてもキャストシャドウを与えた際に短縮するという結果となった。

以上よりキャストシャドウは物体操作性向上に有効な奥行き手がかりと言える。

4. 考察

キャストシャドウを与えることで、作業の成功率が向上し、作業時間の短縮が見られた。特に、キャストシャドウを与えずに作業を行うと被験者は目標台の奥行き位置を正確に知覚できず、台の手前や奥に物体を置いてしまい失敗するという状況が多く見られた。以上のことからキャストシャドウは物体操作の制御において有効な手がかりと言える。

今回の実験の作業ではキャストシャドウが有効な手がかりであるという結果になったが、キャストシャドウやそれが写る床が見えない状況などキャストシャドウが有効でない場合、キャストシャドウ以外の奥行き手がかりが重要となる。色々

な状況で種々の奥行き手がかりを比較・検証し、その状況に応じた奥行き手がかりを提示可能となれば、3次元空間の現実感向上も期待できる。

5. おわりに

キャストシャドウは本実験の物体操作において立体視以上の物体操作性向上が見られた。このことからキャストシャドウは VR 空間における有効な奥行き手がかりであるといえる。特に物体の高さの知覚は立体視より正確な情報をユーザに与えていることが分かった。

キャストシャドウは立体視のように特別な装置を必要とせず CG のみで表現できるため、3DCG を作成する際に有効かつ実用的な奥行き手がかりとなると思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたって、東京工業大学精密工学研究所、佐藤誠教授、電気通信大学、長谷川晶一准教授には SPIDAR の貸与のほか、貴重な御助力を頂いたことを深く感謝致します。

文 献

- [1] D. Kersten, D.C. Knill, P. Mamassian & Bulthoff : Illusory from Shadows, *Nature*, 379, pp. 31, (1996)
- [2] 北島律之, 山下二郎: キャストシャドウによる奥行き知覚の相互作用, *映像情報メディア学会誌* Vol.56, No. 11, pp. 1795-1802 (2002)
- [3] 佐藤誠, 平田幸広, 河原田弘: 空間インターフェース装置 SPIDAR の提案, *進学論*, J74-D-II, 7, pp. 887-894 (1991-07)