

# バーチャルスタジオにおける仮想物体把持を支援する視聴覚情報の提示

高橋 康輔<sup>†</sup> 藪内 智浩<sup>††</sup> 船富 卓哉<sup>†††</sup> 飯山 将晃<sup>††††</sup> 椋木 雅之<sup>†††</sup>  
美濃 導彦<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> 京都大学工学部 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

<sup>††</sup> 京都大学大学院情報学研究科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

<sup>†††</sup> 京都大学学術情報メディアセンター 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

<sup>††††</sup> 京都大学経済学研究科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

あらまし バーチャルスタジオで仮想物体把持を行う場合に演者は仮想物体の位置を合成映像を通して獲得している。しかし、合成映像からはカメラ方向の正確な奥行きが獲得できずに把持に失敗してしまう例が見られる。本論文では、このような失敗のない仮想物体の把持を実現するために、仮想物体の位置を提示する情報としてこの合成映像に加えて、聴覚情報の利用を検討した。位置を提示する情報を付与した時の仮想物体把持の試行において、演者が把持をしていると認識した時点での演者の手の奥行きと仮想物体の重心の奥行きの差を計測した。結果から、位置情報の提示に関して、合成映像によって視覚的に二次元位置を提示することに加えて聴覚情報によって奥行きを提示することの有効性を確認した。

キーワード MR, 三次元位置提示, イヤホン, 聴覚ディスプレイシステム, 信号音

## 1. ま え が き

ニュースや気象予報, 教育番組といったテレビ番組において, スタジオのセットにコンピュータグラフィックス (CG: Computer Graphics) を用いた映像コンテンツが頻繁に見受けられる。CG を用いることで, スタジオのセットとして用意できない物体を映像に登場させることができ, またその色や形を変化させるといった特殊な変化も容易に実現できる。このような映像をリアルタイムで作成するためにバーチャルスタジオというシステムが利用されている。

このような映像において, 演者が CG で作成された仮想物体を直接操作するというインタラクションを実現することで, より表現力の高い映像の作成が可能となる。しかし, バーチャルスタジオでは実写の映像に仮想背景や仮想物体を合成することしか実現されておらず, 演者による仮想物体の直接操作は実現されていない。

仮想物体の直接操作に関する研究として, 尾原ら [1] は演者が手で仮想物体を把持し移動・回転するという直接操作を実現している。尾原らは演者の手が仮想物体の表面付近で把持の姿勢を取った時に把持を行っているとして定義し, 演者の手の位置や姿勢を検出することで把持の判定を行った。仮想物体を把持する際, 演者は仮想物体を直接視認することができないため, 演者はフロアモニタを参照することで仮想物体の位置を確認しながら演技を行う。フロアモニタに映し出される映像はカメラ視点の映像であるため, カメラの光軸方向に対する物体の位置, つまりフロアモニタに提示される映像に対して垂直な方向の位置を奥行きとすると, 奥行きによって映像中の物体の大きさが変化する。しかし, 奥行きが大きい場合には奥行きの変化による映像

上の物体の大きさの変化も微小であり, 合成映像中の仮想物体の大きさからその奥行きを推測することが困難である。そのため, 演者が合成映像から仮想物体の正確な三次元位置を獲得することは難しい。この結果, 把持の際に仮想物体の存在する三次元位置とは異なる位置に手を差し出してしまい, 把持に失敗するという例が度々見受けられる。演者が仮想世界にいるような映像において, 演者がその世界に存在する物体の把持に失敗するという挙動は映像として不自然であり, 視聴者に違和感を与え得るために映像コンテンツとして望ましくない。

本論文では, 不自然な挙動を行うことなく把持を行えるように演者を支援することを目的とし, 新たに提示する奥行き情報に対して, イヤホンをを用いた聴覚情報の利用を検討する。

## 2. 仮想物体把持を支援する情報提示

### 2.1 演者へ提示する情報

物体の把持を行う場合, 通常我々は物体の三次元位置を知覚し, その位置に対して手を伸ばすことにより把持を行う。しかし, 演者は仮想物体を直接視認することはできないため, 何らかの方法で仮想物体の三次元位置を知覚する必要がある。仮想物体の三次元位置情報を演者に提示する方法として, 例えば仮想物体の実空間中の三次元座標の値を演者に伝える方法が考えられるが, この方法は普段空間の座標系を意識しない我々にとって直感的でなく望ましくない。我々が普段把持を行う際に利用しているのは, 演者の視点にたったときに仮想物体がどこにあるかという, 演者に対する仮想物体の相対的な三次元位置情報である。

演者自身がどのように映っているかを確認できるよう, バーチャルスタジオではフロアモニタを設置し, 合成映像を提示す

表 1 信号音の種類

音の種類	特徴	
量的表現	説明	音と情報をより直感的に結び付けて定めたもの。
	例	音量, 高さ。
	利点	直感性に優れる。
	欠点	識別性, 記憶性に欠ける。 表現できる情報の種類が少ない。
記号的表現	説明	音情報との対応関係を人為的なルールによって定めたもの。
	例	リズム, 音色。
	利点	識別性, 記憶性に優れる。
	欠点	音と情報の変換を経由するため、直感的でなくなる可能性がある。

ることが多い。仮想物体操作を行う場合、このフロアモニタを通して演者は仮想物体の相対位置を獲得することができる。しかし、演者はこの合成映像から仮想物体の奥行きを獲得することが困難である。この奥行きを正確に獲得できていないことが、把持を行う際に仮想物体が存在する位置とは異なる位置に手を差し出してしまい把持に失敗することの原因として考えられる。このことから、この合成映像に加えて仮想物体の奥行きを演者に提示することで、演者は仮想物体の三次元位置を獲得し、把持を失敗無く行うことが期待できる。

そこで、本論文では演者に対して仮想物体の相対的な奥行きの提示方法を検討する。

## 2.2 聴覚メディアの利用

従来バーチャルスタジオで用いられていた視覚メディアの提示デバイスであるフロアモニタを利用する場合、演者はフロアモニタを注視しなければ仮想世界に関する情報を取得することができない。もし、どのような方向を向いても常に仮想世界に関する情報を取得することができれば、より直感的であり自然な演技を行えることが期待できる。このような視覚情報を提示できる視覚メディアの提示デバイスではヘッドマウントディスプレイの利用が考えられる。ヘッドマウントディスプレイとはユーザの頭部に装着する視覚提示装置であり、これを利用することでユーザの見る現実世界の映像に仮想世界の映像を重畳して表示することができる。しかし、演者が装着するデバイスは合成映像にも映りこみ、ヘッドマウントディスプレイのような大掛かりなデバイスは視聴者に対して違和感を与え得るために、その使用は望ましくない。

このように、演者に対して実世界と同様にいつでも情報を獲得でき、かつ使用しても視聴者に対して違和感を与えないというデバイスの制約を満たすメディアとして、本研究では聴覚メディアの利用を検討する。この聴覚メディアを利用することで仮想物体の奥行き情報の提示を行う。聴覚を通して得られる情報量は、日常的に人間が五感によってインプットする情報量の割合において 11%を占め、五感の中では視覚に次いで二番目に情報量が多い。[2]

聴覚メディアの提示デバイスとしてはスピーカーやイヤホンが考えられる。スピーカーはカメラの横などに設置すれば合成映像に映りこむこともないが、バーチャルスタジオにおいて発

生している音は演者の声とともにスタジオのマイクによって録音されるので、その音は合成映像にも収録されてしまう可能性がある。そのため、視聴者が聴取しても不自然でない程度の聴覚情報しか出力出来ず、提示できる聴覚情報の自由度が低いために支援情報を提示するデバイスとしては望ましくない。

それに対し、イヤホンは聴覚情報を演者のみに提示できるので、合成映像に反映される問題は発生しない。また、イヤホンは演者に装着するデバイスであるために合成映像に映りこんでしまうが、近年のテレビ番組において出演者たちがイヤホンを装着している場面も珍しくないため、合成映像に映りこんでも視聴者はさほど違和感を抱かないと考えられる。そのため、本研究では聴覚情報を提示するデバイスとしてイヤホンを使用する。

## 2.3 聴覚情報の表現方法

本研究では、聴覚情報として電話のベルやブザーのように“情報を伝達する音”として使用される信号音を使用する。信号音の表現方法は、表 1 のように、音量や高さを用いた量的表現とリズムや音色を用いた記号的表現の 2 つに分けて考えることができる。

音量や高さを用いた量的表現とは音とそのあらかず情報をより直感的に結び付けて定めたものである。音量の大小や音の高低が提示したいものの大小や高低に対応づけられるので、ある情報の変化を伝達させるのに有効である。

これに対して、リズムや音色を用いた記号的表現とは、音とそれがあらかず情報を人為的なルールによって定めたものである。特定のリズムや音色がそれぞれ異なる情報と対応づけられるので、それらの違いを利用することで異なる情報を伝達するのに有効である。また、和氣ら [3] は、リズム、音色、高さの三要素に対してそれぞれの聞き分けやすさ、覚えやすさについて判定を行っており、聞き分けやすさについてはリズム、音色、高さの順で聞き分けやすく、覚えやすさについてもリズム、音色、高さの順で覚えやすいと報告している。このことから、リズムや音色といった記号的表現は識別性、記憶性に優れていると考えられる。

これらの表現方法を用いて、仮想物体の奥行き情報を表現する。

## 2.4 提示する奥行き情報のデザイン

本論文では演者をカメラに対して仮想物体と同じ奥行きまで誘導することで、演者に対して仮想物体の奥行きを提示することを考える。こうすることで演者は仮想物体が自身と同じ奥行きにあるという奥行き情報を獲得でき、残りの二次元の位置情報をフロアモニタに提示された合成映像から獲得することで仮想物体の三次元位置を獲得することが期待できる。

演者を仮想物体と同じ奥行きまで誘導する時、演者が必要とする情報は仮想物体が演者のどちら側(方向)に、どれだけ離れているか(距離)である。

これらの方向と距離に対して量的表現と記号的表現によるデザインを考える。まず、量的表現について考える。量的表現は提示したいものの変化に対応づけられる。仮想物体が演者のどちら側かという位置関係の変化に対して音量や音の高さを変化させることで、奥行きに関して方向を量的に表現することが可能である。また、演者と仮想物体の距離は演者が移動することで

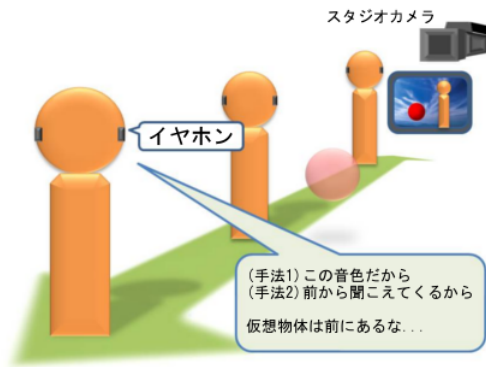


図 1 誘導音の提示

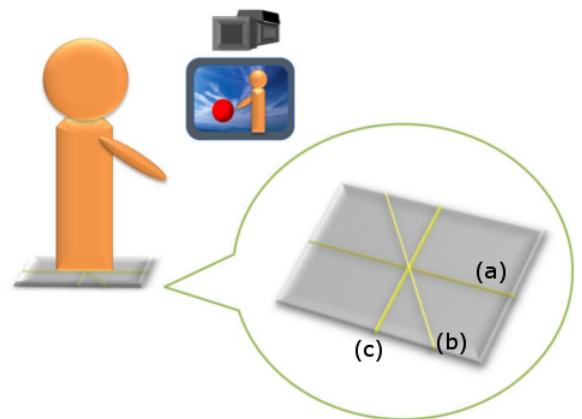


図 2 使用するボード

連続的に変化する。この変化に対して音量や音の高さを変化させることで、距離を量的に表現することが可能である。このことから、方向情報、距離情報の提示に関して量的表現を用いる。

次に、記号的表現について考える。記号的表現は特定のリズムや音色が、例えばこの音色はこの情報を意味するというように、提示したい情報と対応づけられる。そのため、仮想物体が演者のどちら側かという方向に対してリズムや音色を定めることで、記号的に方向を表現することが可能である。一方、距離のように連続的に変化する情報を表現するためには膨大な数のルールが必要となり、そのルールを覚える演者に多大な負担を強いられる可能性がある。そのため、方向情報の提示には記号的表現を用いるが、距離情報の提示に対して用いない。

以上より、聴覚情報によって仮想物体の奥行き情報を提示するデザインとして、[手法 1] 方向：量的表現、距離：量的表現と [手法 2] 方向：記号的表現、距離：量的表現の二通りが考えられる。

手法 1 について、奥行き方向に対する量的表現に関して、提示すべき情報を奥行き軸上の演者と仮想物体の位置関係の変化とした。本稿ではカメラに向かって仮想物体が演者より前方にあるときは、前方から聞こえてくるように音を出力し、後方にあるときは後方から聞こえてくるように音を出力した。また、距離に対する量的表現を考えると、提示すべき情報を演者と仮想物体間の距離の変化とした。このとき、その距離の変化に応じて音量を変化させ、距離が小さいほど音量は大きく、距離が大きいほど音量は小さく出力した。

手法 2 について、奥行き方向に対する記号的表現に関して、対応して提示する情報を奥行き方向の演者と仮想物体の位置関係とした。この位置関係とは、カメラに向かって仮想物体が a. 演者より前方にあるか、b. 演者と同じ奥行きにあるか、c. 演者の後方にあるかの三通りである。今回はそれぞれの位置関係に対して、a. ピアノの音色、b. ピアノの和音の音色、c. ギターの音色を出力した。また、距離に対する量的表現としては、手法 1 と同様に演者と仮想物体間の距離の変化に応じて音量を変化させた。

これらの手法で提示する音を出力するシステムとして聴覚ディスプレイシステムを利用する。聴覚ディスプレイシステムとは、音源の距離や方向によって発生する両耳に届く音の差異

といった音情報の変化を再現することで、様々な方向にある音像を仮想的に出現するシステムのことである。

### 3. 把持を行う手の奥行きをばらつきの検証

#### 3.1 実験の目的

2.4 節では仮想物体の奥行き情報の提示方法として演者を仮想物体と同じ奥行きまで誘導することを提案した。しかし、演者が仮想物体と同じ奥行きの位置にいるからといって、把持の体勢によって奥行きが大きく外れた位置に手を差し出してしまふのであれば、演者を誘導することができたとしても把持失敗の防止に繋がるとは言えない。そこで本実験では演者の立ち位置、向きを固定した状態で、演者と同じ奥行きに設置された仮想物体に対してフロアモニタに映った合成映像を参照することで把持を行い、その時の演者の手の奥行きをばらつきを計測する。

#### 3.2 実験の方法

##### 3.2.1 被験者

20 歳代の男女 3 名 (男性 2 名、女性 1 名) に対して実験を行った。被験者の身長と利き腕は 150cm:右利き、160cm:左利き、170cm:右利きである。

##### 3.2.2 実験環境

本実験は床や壁が青色で統一されたバーチャルスタジオにおいて行った。仮想物体は半径 10cm の球とした。被験者が仮想物体御把持を行う位置を固定し、体の向きを指示するために床上には図 2 のようなボードを設置した。カメラ横にはフロアモニタが設置されており、演者と仮想物体が合成された映像を提示する。被験者の手の三次元位置の計測には超音波式三次元ボジションセンサを使用した。

##### 3.2.3 手順

以下に被験者に行ってもらったタスクを説明する。

1. 被験者の頭の中心がボードの中心と重なるように図 2 のボード上の (a) の線の上に両足を乗せて、フロアモニタを参照しながら仮想物体の把持を行うような姿勢を取る。

2. 同様に (b)、(c) の線の上に両足を乗せて、把持を行うような姿勢を取る。

3. 次に、一度適当な奥行きの場所へ移動し、そこからボードへと歩いていき、把持を行うような姿勢を取る。このときも、

表 2 体勢における奥行きのばらつき (cm)

	全試行	(a) の体勢	(b) の体勢	(c) の体勢	歩行
平均	10.76	15.85	9.70	4.29	11.54
標準偏差	5.83	3.74	4.53	6.94	1.74

表 3 (c) を除く奥行きばらつき (cm)

	(c) を除く全試行
平均	12.55
標準偏差	4.25

ボードと同じ奥行き場所に仮想物体があるということは事前知識として被験者に与えておく。また、把持を行う時の両足の位置は特に指定しない。

4. 1~3 の試行を 1 サイクルとして、被験者ごとに 3 サイクルずつ実行する。

合成映像において、仮想物体は被験者の右手の方に提示するものとする。また、このとき、システムによって把持の判定が行われると、被験者はその把持が成功するまで手を探るように動かす可能性があるのでシステムによる把持の判定は行わなかった。

上の各タスクにおいて、被験者が仮想物体に対して把持を行っている状態では被験者に合図を送ってもらい、その時の奥行きを計測した。その結果から体の向きによって差し出した手の奥行きばらつきの範囲を求めた。

### 3.3 結果と考察

全試行における奥行きばらつき、各体勢における奥行きばらつきの平均と標準偏差を表 2 に示す。

各体の向きにおける試行に着目したとき、(a) と (c) の体の向きでは、差し出す手の奥行き平均が 10cm 以上異なる。これは (a) のようにカメラに対して正面を向いている状態から、(c) のように真横になるにつれて被験者の肩の位置が変化することが原因であると考えられる。

しかし、本実験は被験者を仮想物体と同じ奥行き位置へと誘導した場合を想定しており、その時 (c) のようにカメラに対して真横に向けた状態で把持することは考えづらい。実際に実験において歩行の場合、把持の際に体の向きを (c) のようにカメラに対して真横に向ける例は見受けられなかった。このことから、今回は (c) の体の向きにおける奥行きばらつきは考えないこととする。

表 3 に (c) を除いた場合の奥行きばらつきの平均と標準偏差を示す。この奥行きばらつきが正規分布に従うと仮定すると、5 パーセンタイル値は 5.55cm であり 95 パーセンタイル値は 19.55cm であり、被験者の差し出す手の奥行きは、被験者の頭の中心から 5.55~19.55cm という 14cm の区間に 90% の値が存在していることになる。このことから、被験者は仮想物体が被験者と同じ奥行きに存在しているという事前知識があった場合、その仮想物体を把持しようと差し出した手の奥行きは 90% の確率でこの 14cm の範囲に入ると言える。



図 3 上からの見た場合の位置関係を提示する映像

## 4. 聴覚情報の有用性に関する実験

### 4.1 実験の目的

2. 章では仮想物体把持の際に演者に新たに提示する情報として聴覚情報を利用することを検討し、そのデザインを行った。本実験では、フロアモニタを通して提示される合成映像に加えてこれらの情報を提示することで、試行におけるそれらの情報提示の影響を検証する。

### 4.2 比較対象となる視覚情報

本実験では、試行における聴覚情報の影響を比較する対象として、視覚による奥行き提示の方法を検討する。フロアモニタの提示する合成映像に加えて新たに提示する視覚情報として、演者と仮想物体の正確な奥行き相対的な位置関係を反映する別視点の映像の提示を考える。こうすることで演者はこの映像から奥行き情報を獲得でき、残りの二次元の位置情報を合成映像から獲得することで仮想物体の三次元位置を獲得することが期待できる。

この映像のデザインを考えたとき、我々が普段から見慣れている別視点の映像として、カーナビゲーションシステムといった上から視点の映像が挙げられる。バーチャルスタジオでは演技をしながら仮想物体の位置情報を獲得することから、提示される視覚情報は演者にとって見慣れたものが望ましいと考えられる。そこで、本研究では図 3 のように演者と仮想物体を上から見た場合の位置関係をプロットした映像を提示する。

### 4.3 実験の方法

#### 4.3.1 被験者

20 歳代の男女 7 名 (男性 6 名, 女性 1 名) に対して実験を行った。被験者はバーチャルスタジオにおいて演技をした経験を持たない。バーチャルスタジオにおいて演技を行うことに慣れている場合、仮想物体の把持を行う際にも結果が優位になることが予想される。教材コンテンツなどを撮影する場合の演者は普段は教員なので演技に関しては素人であり、撮影に慣れていない場合が多く、そのように十分に慣れている者を被験者とするべきではないと考えた。

表 4 提示する情報

	提示する情報
従来	合成映像
手法 1	合成映像 + 奥行き
手法 2	合成映像 + 奥行き
比較対象	合成映像 + 上からの映像

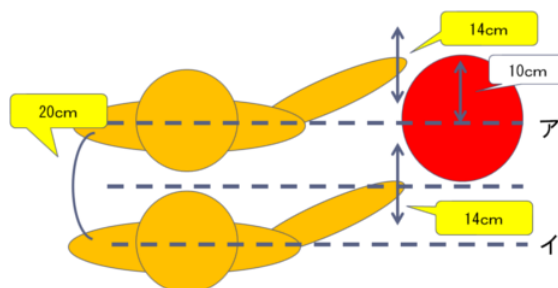


図 4 誘導する範囲

#### 4.3.2 実験環境

本実験は床や壁が青色で統一されたバーチャルスタジオにおいて行った。仮想物体は半径 10cm の球とした。三次元位置の計測には U3DTracker を用いた。被験者に聴覚情報を提示するために利用するイヤホンには SENNHEISER 社の style wireless MX W1 を用いた。本研究は聴覚ディスプレイシステムとして NASA の提供するオープンソースアプリケーションである SLAB [4] を用いた。

#### 4.3.3 手順

被験者には表 4 の何れかの情報が提示された状態で仮想物体の把持を行うというタスクを行ってもらった。このとき、仮想物体の位置は事前には知らされず、試行の度に提示される仮想物体の奥行きはランダムに変化する。

ここで、手法 2 では 2.4 で述べたように被験者と仮想物体との奥行き的位置関係によって出力する音を変化させている。この位置関係でいう“同じ奥行き”を本実験では以下のように定めた。3 章の実験の結果から、被験者は仮想物体が同じ奥行きに存在する時、把持を行おうと差し出した手の奥行きは 90% の確率で被験者の頭の中心からカメラ方向に対して 5.55~19.55cm の範囲に入る。平均は 12.55cm であり、仮想物体の半径を 10cm と定めていることから、本実験では図 4 のように差し出す手の奥行きの平均の位置が、仮想物体の直径に含まれる 20cm の範囲（図 4 のアとイの間）へと被験者を誘導することとした。つまり、本実験において被験者を仮想物体と同じ奥行きに誘導する場合、“同じ奥行き”とは上で述べたような 20cm の範囲のこととした。

実験はこれら [従来]~[比較対象] の 4 種類の場合での試行をランダムに通ることを 1 サイクルとして、各被験者に 3 サイクルずつ行ってもらった。1 サイクル目は被験者が本システムに慣れることを目的とし、把持に成功した場合は成功したことを知らせた。ここでいう把持の成功とは、仮想物体の重心から半径である 10cm の距離の部分仮想物体の表面とすると、演者の手が仮想物体の表面から誤差として 5cm の範囲に存在

表 5 奥行きの差 (会話なし)(cm) 表 6 奥行きの差 (会話あり)(cm)

	平均	標準偏差		平均	標準偏差
従来	59.87	51.70	従来	35.56	14.51
手法 1	18.88	11.58	手法 1	13.51	8.48
手法 2	6.18	5.84	手法 2	8.81	6.04
比較対象	9.71	3.30	比較対象	8.69	6.85

する場合と定義した。1 サイクル目が終わったあと、引き続き 2 サイクル目と 3 サイクル目を行った。2 サイクル目と 3 サイクル目では被験者が仮想物体が存在すると認識している場所の奥行きを計測するので、把持の成否を知らせてしまうと成功するまで手を前後に動かしてしまう可能性があるため、成否の判定は知らせないことにした。2 サイクル目と 3 サイクル目は以下の手順で行った。

1. 表 4 に示したいずれかの方法で提示する情報を基に仮想物体に対して把持を行う。

2. 被験者が仮想物体を把持していると認識した時点で被験者はその旨を伝える合図を送る。

3. 1, 2 を表 4 のそれぞれの方法ですべて行う。

このとき、試行において被験者が仮想物体を把持していると認識した時点での演者の手の奥行きと、仮想物体の重心の奥行きの差を計測する。また、これらの情報を提示することで演技に対して障害が発生しているか否かを確認するために、この手順を 2 サイクル目では周囲の環境は無音の状態で行い、3 サイクル目では常に会話をしながら行った。なお、これらの試行に共通して、把持を行う際に手を差し出すことは一度のみと限定し、さらに差し出した手を前後に動かすような仕草を見せた場合は目視で無効と判定した。明らかに手が把持の姿勢でない場合も目視で無効と判定した。また、三次元位置センサとして使用する U3DTracker には 100~300ms 程度の遅延が発生していたため、演者にはその旨も伝えた。

#### 4.4 実験結果

以下の表 5 には表 4 で示したそれぞれの方法ごとの、演者が把持と認識した時の演者の手と仮想物体の重心との奥行きの差の平均と標準偏差について会話をしない場合を、表 6 には会話をした場合の値を示す。

#### 4.5 考察

会話なしの各試行において、従来の合成映像のみの場合に比べてすべての場合において平均や標準偏差が小さくなっていることから、演者に対して情報を提示することで物体把持において支援が行えていると考えることができる。中でも、平均に関しては奥行きの方向と距離をそれぞれ記号的表現と量的表現によって表したを提示した際の試行が最も誤差が少なく把持が行えた。次に小さかったのは別視点として被験者と仮想物体を上から見た位置関係の映像を提示した比較対象の際の試行であった。これらの試行は標準偏差も小さく、安定して演者の支援が行えたと考えられる。

さらに、会話をしながら行った場合の結果を見たとき、手法 2 と比較対象は標準偏差が大きくなっており、支援効果が小さくなっている。これは、会話をしながら仮想物体の把持というタ

スクを行うことで、タスクに対して集中できなかったことから手法 2, 比較対象の試行に対して影響があらわれたとみることができる。それに対し, その他の試行では手法 2, 比較対象の効果の大きさまではいかないまでも, 他の情報提示の試行は誤差の平均や標準偏差が小さくなっていることから支援の効果が良くなっているように見れる。これらの試行に対しても会話による演技の障害の影響は働いていたと思われるが, その影響よりもその情報提示によって仮想物体の位置を獲得することに対する慣れの影響が大きかったのではないかと考えられる。

以上のことから, 演技を行いながら情報を提示することである程度の障害は発生するが, 適切なデザインを行うことですべての情報を視覚によって提示しなくても, 視覚と連携させることで位置情報の提示に関して聴覚も十分なモダリティとなると考えられる。

## 5. む す び

本論文ではバーチャルスタジオにおける仮想物体把持を行う際に, 合成映像から獲得できない物体の奥行き提示に対して聴覚メディアの利用を検討した。本論文では演者を仮想物体と同じ奥行きまで誘導することで仮想物体の奥行きを提示し, その表現方法として量的表現と記号的表現を検討した。デザインした情報を提示した場合における仮想物体の把持の試行において, 演者が差し出した手の奥行きと仮想物体の重心の奥行きの差を計測した結果, 平均と標準偏差がともに小さくなっていたことから, その有効性が確認できた。その中でも, 上からの視点の映像を提示することで奥行きを提示した視覚情報と同等に効果が確認できた聴覚情報も存在したことから, 適切なデザインを行い視覚と連携することで, 位置情報の提示に関して聴覚も十分なモダリティとなることを確認した。

### 文 献

- [1] 尾原 秀登, 角所 考, 美濃導彦, バーチャルスタジオにおける演者の手を用いた仮想物体の直接操作の実現, 信学技法:MVE, Vol.106, pp103-109, 2006.
- [2] 教育機器編集委員会, 産学教育機器システム便覧, 日科技連出版社, 1972.
- [3] 和氣 早苗, 上窪 真一, 福住 伸一, 旭 敏之, 広明 敏彦, 音響インタフェース設計手法'報知音多次元設計手法'確立への一考察, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J82-D-II, pp1721-1728, 1999.
- [4] <http://human-factors.arc.nasa.gov/SLAB/>.