

# 仮想空間における長距離の空間移動表現

石丸 敬登<sup>1,a)</sup> 吉野 孝<sup>1,b)</sup>

**概要:** 現在, VR など仮想空間を利用した多くのコンテンツが開発されている. 普及に伴い, 仮想空間において長距離を一瞬で移動するなど実現不可能な現象を表現, 利用を行うことが考えられる. そこで, 今後仮想空間における現実では実現不可能な現象には, 新たに適切な表現を行う必要があると予想される. 本研究では, 仮想空間において身体的動作による操作方法, 仮想空間特有の表現を用いることによってユーザに移動の実感を持たせる空間移動表現を提案, 作成を行い効果について検証を行った. 検証の結果, 身体的動作による操作方法と仮想空間特有の表現を用いた空間移動表現は移動した感覚や没入感などのユーザに与える感覚を向上させることが確認できた.

ISHIMARU TAKATO<sup>1,a)</sup> YOSHINO TAKASHI<sup>1,b)</sup>

## 1. はじめに

近年, VR など仮想空間を利用した多くのコンテンツが開発されている. さらにはスタンドアロン型の VR が発売されるなど仮想空間の普及に伴って, 今後も仮想空間を利用したコンテンツの増加が予想される.

実際に, 医療分野において杉本らが遠隔医療や手術シミュレーション [1], 防災分野において中本らが被災体験と被災への対策を繰り返すことによる防災意識の向上を目指す [2] など多くの分野でも VR を利用した研究が多く進められている.

XR コンテンツでは, ユーザに体験を提供する観点において, 没入感や臨場感という要素がとても重要なものとなっている. この没入感や臨場感を増加させるという問題に対しては, 様々な方面からのアプローチが行われている. アプローチの一部として, 匂いや温度, 風をユーザに提示する「Feelreal<sup>\*1)</sup>」, 触覚フィードバックを行う「HaptX GlovesDK2<sup>\*2)</sup>」, HMD のフィルムの開発による画質の向上を行う「DNP ヘッドマウントディスプレイ用画素隠蔽フィルム<sup>\*3)</sup>」, 仮想空間での歩行をユーザがデバイス上で実際に

歩行することで行う「KAT WALK C<sup>\*4)</sup>」などが挙げられ, 表現を行う分野は多岐にわたる.

また, 仮想空間では長距離を一瞬で移動するなど, 現在の科学技術では実現不可能であるものが実行可能あるいは表現可能になる. これらの現象を表現する際に, 従来の表現方法を利用するとユーザに与える没入感や臨場感などが損なわれる可能性がある. この問題に対して現実に存在しない仮想空間特有の現象には今後適切な表現を行う必要があると考えられる.

そこで, 本研究では, 身体的な動作と仮想空間特有の表現を利用した長距離での空間移動表現を提案する. 本手法では, ユーザの身体的な動きをシステムの操作に利用することで「仮想空間への没入感」や, 手で円を描くことで別空間につながる穴を生成し, 空間移動を行うことで「遠く離れた別の場所に移動した感覚」の向上を目指す.

本研究では, 身体的動作を利用した長距離の空間移動の表現をユーザに提示することで, 仮想空間における空間移動の実感を持たせる空間移動手法を提案し, そのシステムの概要について述べる. その後に効果の検証を行い, 検証結果の考察を行う.

## 2. 関連研究

仮想空間における移動方法に関する研究として, Noahらは「平行移動」「レポート移動」「身体的な動作を利用した移動」を二つ, 計 4 種類の短距離での移動方法を利用し

<sup>1</sup> 和歌山大学システム工学部  
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University,  
Wakayama 640-8510, Japan

a) ishimaru.takato@g.wakayama-u.jp

b) yoshino@wakayama-u.ac.jp

\*1 Feelreal: <https://feelreal.com/>

\*2 HaptX Gloves DK2: <https://haptx.com/dk2-release/>

\*3 DNP ヘッドマウントディスプレイ用画素隠蔽フィルム: [https://www.dnp.co.jp/news/detail/1187722\\_1587.html](https://www.dnp.co.jp/news/detail/1187722_1587.html)

\*4 KAT WALK C: [https://katvr.jp/product\\_katwalk\\_c.php](https://katvr.jp/product_katwalk_c.php)

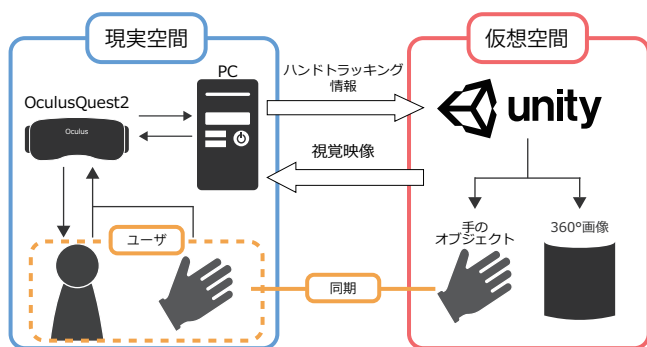
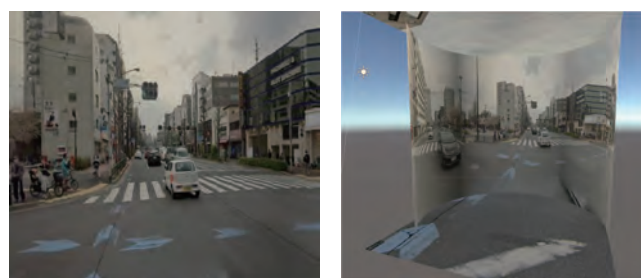


図 1 システム構成



(a) ユーザの視界

(b) システム上の配置

図 2 周囲画像

た調査 [3] を行った。結果として身体的な動作を利用した移動の一つが他の移動方法よりも高い評価が得られた。また Evren らの研究 [4] ではテレポート移動を利用した移動方法の調査で、平行移動との比較評価が行われた。Markus らの研究 [5] においては湾曲した軌道を利用したテレポート移動において移動後のユーザの向きを指定できる移動手法の開発と評価を行った。Julian らの研究 [6] では平行移動とテレポート移動による短距離の移動方法やトレーニングの実施によって移動距離の推定に生じる差の調査を行った。さらに、Sabine らの研究 [7] では 3D マップを利用した仮想空間マップにおけるユーザの感じる方向に関する調査を行った。

これらの研究は仮想空間における目に見える範囲で行う短距離のテレポート移動への評価や仮想空間内での移動方法による効果や空間認識に生じる効果の調査を行っている。空間接続を行う研究として濱上らによる「ドアコム AR」[8] がある。このシステムでは遠隔通信において「ドア」をメタファとしたインタフェースを利用して、遠隔地間を仮想的に繋ぎ、相手の空間と繋がっているような表現を行う。

本研究では、仮想空間において長距離のテレポート移動を行う際にユーザの身体的動作の利用と特有の表現をユーザに提示することでユーザの移動の実感を向上させることを目指す。

### 3. 長距離の空間移動表現

#### 3.1 システム概要

本システムでは、仮想空間において遠く離れた場所にテレポート移動を行う表現とユーザの身体的動作を利用したシステムの操作を開発した。本手法では、仮想空間特有の表現と身体的動作を利用することで「遠く離れた別の場所に移動した感覚」の向上を目指す。本手法は、VR 上で動作しユーザに疑似的な 360 度画像を提示し、その空間においてユーザの身体的動作を利用したシステム操作を行うことで長距離の空間移動表現を行う。

#### 3.2 システム構成

図 1 に、本システムの構成を示す。OculusQuest2 から



(a) ユーザの視界

(b) ユーザの様子

図 3 ユーザ動作の認識

顔の方向に加えてハンドトラッキングによりユーザの手の位置や形を取得し、仮想空間と現実空間の手の位置合わせを行っている。仮想空間ではユーザの手と Google Street View を利用したある場所の疑似的な 360 度画像をユーザに提示する。位置合わせを行った手を元にユーザの動作を認識を行い、特定の手の動作を認識することで空間移動を行う。本システムの機能は「Google Street View を利用した周囲画像の提示」「ユーザの動作認識」「空間移動表現」に分けることができる。

#### 3.3 Google Street View を利用した周囲画像

ユーザを中心とした周囲画像の外観を図 2(a) に、画像の配置を図 2(b) に示す。この周囲画像はユーザを中心に 360 度に渡って配置する。画像は Google Maps Platform の Street View Static API を利用して緯度、経度を指定することで任意の地点の風景画像を取得する。画像の表示はオブジェクトに画像を適応することで行う。取得した Google Street View の画像はトリミングを行いオブジェクトの横幅に合わせる。オブジェクトの配置は円柱の側面を 8 度ごとに分割したオブジェクトを円環上に配置し、その上下にもオブジェクトを配置を行う。この配置を行うことでユーザの視界全体が任意の地点のものになる。

#### 3.4 ユーザの動作認識

ユーザの動作の認識のユーザの視界を図 3(a) に、第三者から見た動作認識の様子を図 3(b) 示す。ユーザの動作の取得は OculusQuest2 によって行い、ハンドトラッキン



別空間に繋がる穴を提示

図 4 空間移動表現

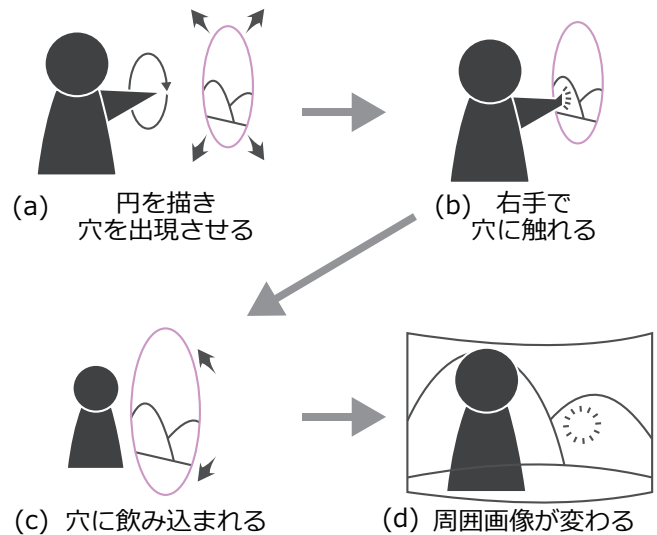


図 5 空間移動の流れ

グにより手のボーン情報を取得する。取得したボーン情報から演算を行うことで動作の認識を行う。以下に各要素に対する処理について記述する。

#### (1) 手の形の認識

ユーザの手の形の認識は手の各ボーン的位置情報を利用する。OculusQuest2より入手したボーン情報により指の第一関節、第二関節、指先など指の各部分の位置情報を取得する。隣り合うボーンの関係ベクトルとして算出し、ベクトルの内積を計算して指が曲がっているかの判断を行う。この工程を全ての指で行うことによって曲がっている指を認識し、ユーザの手の形を認識する。

#### (2) 特定動作の認識

本システムでは、円を描く動作の認識を行う。動作の認識は右手の指先の位置情報を取得することで行い、右手の形が人差し指のみを伸ばす形である際の値を利用する。ユーザに動作の認識中であることを提示するために指先の位置情報取得時には、指先の軌跡が提示される。また、ハンドトラッキングが外れた状態の値を除外することで認識精度の低下を防ぐ。

### 3.5 空間移動表現

長距離のテレポート移動の実行表現の外観を図4に、空間移動表現の流れを図5に示す。本システムでは、自身の存在する空間に別空間につながる穴が開くような表現を行い、その穴にユーザの手が触れることで空間移動を行う。空間移動の表現はユーザの動作認識により円を右手で描く動作を認識した場合に開始する。

表現は空間に穴が開く表現から始まり、空間に穴が開く表現はユーザが円を描いた方向に円形のオブジェクトを出現させることで行う。出現する際に、オブジェクトが小さ

い状態から徐々に拡大しながら出現することで空間に穴が広がりながら開く表現を行う(図5(a))。さらに、出現させた空間の穴に移動先の地点の風景を投影することで別空間につながる感覚を提供する(図4)。

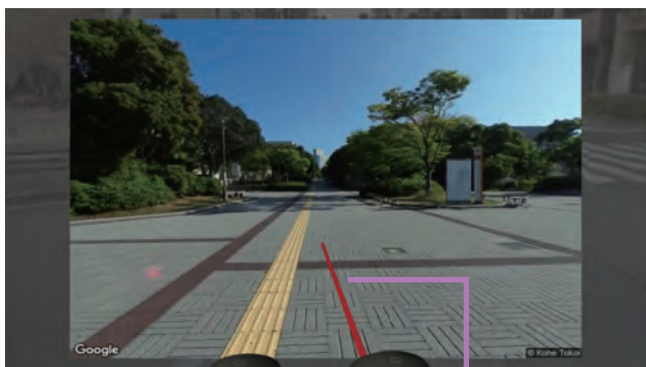
この空間に出現した穴にユーザの手が触れることで空間移動を行う(図5(b))。穴はユーザから少し離れた場所に出現するので、穴に触れるには実際に歩き穴に近づく必要がある。ユーザの手が触れた際に、オブジェクトを徐々に拡大しながらユーザに接近させ、接触することでユーザが空間の穴に飲み込まれるような表現を行う(図5(c))。オブジェクトとの接触と同時に周囲画像を移動先の風景に変更させることで別の場所への移動を表現する(図5(d))。以上の表現を一連の流れで行うことで空間移動表現を行う。

## 4. 実験

### 4.1 実験の概要

本実験では、身体的動作の利用と仮想空間上の表現の効果を検証した。検証では比較実験を実施し、比較対象として「身体の動きを利用する移動」「ボタン操作を利用する移動」の2種類を用意した。前述した仮想空間において遠く離れた場所にテレポート移動を行う表現とユーザの身体的動作を利用したシステムの操作を使用したものが「身体の動きを利用する移動」となっている。実験協力者には上記の2種類のVRコンテンツを体験してもらう。実験協力者は和歌山大学の22歳から27歳までの大学生および大学院生の男女11名を対象に行った。うち、男性は7名、女性は4名である。実験にあたり、順序効果を考慮するために協力者を2つのグループに分けた。この2グループ間の違いは2種類のコンテンツを体験してもらう順番が逆になっている点のみとなっている。





視界に提示された画像に  
コントローラを向ける

図 6 ボタン操作を利用した移動

## 4.2 比較条件

比較条件である「ボタン操作のみを利用する移動」は OculusQuest2 のコントローラを両手に持って空間移動を行う。「ボタン操作のみを利用する移動」の際のユーザの視界を図 6 に示す。本比較条件の操作は OculusQuest2 の右コントローラの A ボタンとトリガーボタンを利用する。最初に、身体の動きを利用する移動と同じ周囲画像を表示し、A ボタンを押すことでユーザの視界に移動先の空間の画像を提示する。その後、コントローラを空間画像に向けた状態でトリガーボタンを押すと同時に周囲画像が切り替わることで空間移動を行う。

## 4.3 実験手順

### (1) システムの体験

実験協力者は「身体の動きを利用する移動」「ボタン操作を利用する移動」2 種類のコンテンツを体験する。このとき、条件ごとに 1 回システムを利用して仮想空間における長距離の空間移動を体験してもらう。

### (2) アンケートへの回答

実験協力者に各コンテンツ体験後に 1 回ずつ最後に 1 回、計 3 回のアンケートを実施した。本アンケートには 5 段階のリッカート尺度による評価と記述式を用いた。各条件に対する質問項目は「(1) 実際に別の場所に移動したように感じた」「(2) 自身の行動により移動を実行したように感じた」「(3) 移動先の空間に入っていくように感じた」「(4) 今回の空間移動でどれくらいの距離を移動したと感じたか」「(5) 自身の行動により移動先の空間に繋がったように感じた」「(6) 移動先の空間が提示された時に移動できそうと感じた」の 6 つとなる。(4) 以外の質問では 5 段階のリッカート尺度 (1. 強く同意しない, 2. 同意しない, 3. どちらともいえない, 4. 同意する, 5. 強く同意する) で、(4) の質問では協力者が仮想空間上で移動したと感じた距離を km 単位で自由な数字を回答してもらった。加えて、各質問

項目について回答理由も自由記述で答えてもらった。最後のシステムに対する比較アンケートの質問項目は「(1) どちらの手法を今後利用したいですか」「(2) どちらの手法が利用して楽しかったですか」「(3) どちらの手法が空間移動を連想しやすかったですか」の 3 つとなる。この 3 つの質問では 5 段階のリッカート尺度 (1. ボタン操作を利用した移動, 2. わずかにボタン操作を利用した移動, 3. どちらも同程度, 4. わずかに身体の動きを利用した移動, 5. 身体の動きを利用した移動) で回答してもらい、条件の直接的な比較を行った。加えて回答理由も自由記述で答えてもらった。

## 4.4 実験仮説

本実験では、「身体的動作の利用と仮想空間上の表現によってあたかも遠く離れた場所に移動したような感覚が得られる」という仮説を立て、検証を行った。

## 5. 実験結果と考察

### 5.1 各条件へのアンケートに対する考察

各条件に対するアンケートの結果を表 1 に示す。アンケート結果の比較条件間の有意確率はウィルコクソンの符号付順位和検定を利用することで求めた。

#### (1) 移動した感覚に関する質問

表 1(1)「実際に別の場所に移動したように感じた」に対する 5 段階評価は両方の移動で中央値、最頻値ともに 5 であり高評価が得られた。また、条件間で有意差がみられた ( $p=0.039<0.05$ )。回答で「強く同意する」を選んだ理由として「穴の中に入って景色が変わったので、場所が移動したように感じた」など周囲の景色の変化や自身が触れに行く動作に対する言及が多くみられた。以上の結果から「身体の動きを利用した移動」の方がより移動した感覚を向上させており、移動の結果による周囲の変化と自身の動作によるシステム操作が高評価の要因となることがわかった。

#### (2) 能動的に移動を行った感覚に関する質問

表 1(2)「自身の行動により移動を実行したように感じた」に対する 5 段階評価は身体の動きを利用した移動で中央値 4、最頻値 4、5 であり高評価が得られた。また、条件間で有意差がみられた ( $p=0.004<0.05$ )。回答で「強く同意する」を選んだ理由として「自分で作り出した穴に対して歩いて入っていったため、能動的に実行した感覚があった」など実際に触れに行ったことなど自身が動いたことに対する言及が多くみられた。しかし、「同意しない」と回答した協力者の記述では「一気に違う空間に移動する感じだったため、自身が行動して移動したという感じはなかった」という意見がみられた。以上の結果から「身体の動きを利用

表 1 各条件に対するアンケート結果

	質問項目	比較条件	評価の分布					中央値	最頻値	有意確率
			1	2	3	4	5			
(1)	実際に別の場所に移動したように感じた。	身体の動きを利用	0	0	1	2	8	5	5	0.039**
		ボタン操作を利用	0	3	1	1	6	5	5	
(2)	自身の行動により移動を実行したように感じた。	身体の動きを利用	0	1	0	5	5	4	4,5	0.004**
		ボタン操作を利用	0	6	1	4	0	2	2	
(3)	移動先の空間に入っていくように感じた。	身体の動きを利用	0	0	1	6	4	4	4	0.002**
		ボタン操作を利用	2	8	1	0	0	2	2	
(5)	自身の行動により移動先の空間に繋がったように感じた。	身体の動きを利用	0	0	0	5	6	5	5	0.002**
		ボタン操作を利用	2	4	3	2	0	2	2	
(6)	移動先の空間が提示された時に移動できそうと感じた。	身体の動きを利用	0	1	3	3	4	4	5	0.008**
		ボタン操作を利用	3	6	1	0	1	2	2	

・評価項目： 1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらともいえない, 4: 同意する, 5: 強く同意する

・\*: 有意確率に, ウィルコクソンの符号順位検定を使用し, 検定は各条件の間で行った。

・\*\*: 有意差あり p<0.05

表 2 質問 (4) に対するアンケート結果

	質問項目	比較条件	平均値	p 値
(4)	どれくらいの距離を移動したと感じましたか。	身体の動きを利用した移動	124.9km	0.173
		ボタン操作を利用した移動	90.2km	

・\*: 有意確率に, ウィルコクソンの符号順位検定を使用し, 検定は各条件の間で行った。

・\*\*: 有意差あり p<0.05

した移動」の方が能動的に移動を行った感覚を向上させており, 自身の動作によるシステム操作が高評価の大きな要因となることがわかった。

### (3) 空間への侵入感に関する質問

表 1(3)「移動先の空間に入っていくように感じた」に対する 5 段階評価は身体の動きを利用した移動で中央値, 最頻値ともに 4 であり高評価が得られた。また, 条件間で有意差がみられた (p=0.002<0.05)。回答で「強く同意する」を選んだ理由として「自分に向かってくる影響が大きい」や「自分が歩いて入っていくので, 自分の意志で移動した感覚が強かった」など自身が穴に歩いていくことと穴が自身に迫ってくる表現に対する言及が同程度みられた。しかし, 「どちらともいえない」と回答した協力者の記述では「入っていくような感じはしたが, 一瞬で切り替わったような印象が強くも感じる」という意見がみられた。以上の結果から「身体の動きを利用した移動」の方が空間への侵入感を向上させており, 自身の動作によるシステム操作と穴に飲み込まれる表現の両方が同程度に影響を及ぼして高評価の要因となることがわかった。

### (4) 空間への接続感に関する質問

表 1(5)「自身の行動により移動先の空間に繋がったように感じた」に対する 5 段階評価は身体の動きを利用した移動で中央値, 最頻値ともに 5 であり高評価が得られた。また, 条件間で有意差がみられた (p=0.002<0.05)。

回答で「強く同意する」を選んだ理由として「自分が作ったゲートが, 別の場所の映像を映したので, そのように感じた」など移動先の空間が穴に提示されたことに関する言及が多くみられた。以上の結果から「身体の動きを利用した移動」の方が空間への接続感を向上させており, 作成した穴に移動先を提示する表現が高評価の大きな要因となることがわかった。

### (5) 空間移動の想起性に関する質問

表 1(6)「移動先の空間が提示された時に移動できそうと感じた」に対する 5 段階評価は身体の動きを利用した移動で中央値 4, 最頻値 5 であり高評価が得られた。また, 条件間で有意差がみられた (p=0.005<0.05)。回答で「強く同意する」を選んだ理由として「至近距離に別空間が現れた感じがしたから」など移動先の空間が穴に提示されたことに関する言及が多くみられた。以上の結果から「身体の動きを利用した移動」の方が空間の移動を想起させており, 作成した穴に移動先を提示する表現が高評価の大きな要因となることがわかった。

以上のアンケートの結果から「身体の動きを利用する移動」はユーザに与える感覚を向上させることがわかった。特に身体の動きを利用したシステム操作によって「移動した感覚」「能動的に移動を行った感覚」を, 仮想空間特有の表現によって「空間への接続感」「空間移動の想起性」を向上させ, 「空間への侵入感」は身体の動きを利用したシステム操作と仮想空間特有の表現の両方が同程度に影響し感覚を向上させていることがわかった。

## 5.2 移動に感じる距離感の考察

協力者が本実験で移動したと感じた距離の平均値を表 2 に, 回答の値を箱ひげ図にしたものを図 7 に示す。自由記述で回答してもらい, 平均値は 124.9km とわずかにボタン操作を利用した移動の 90.2km よりも大きな値となっ

表 3 条件に対する比較アンケート結果

	質問項目	評価の分布					中央値	最頻値
		1	2	3	4	5		
(1)	どちらの手法を今後利用したいですか.	0	0	1	1	9	5	5
(2)	どちらの手法が利用して楽しかったか.	0	0	0	0	11	5	5
(3)	どちらの手法が空間移動を連想しやすかったか.	0	0	0	1	10	5	5

・評価項目： 1: ボタン操作を利用した移動, 2: わずかにボタン操作を利用した移動, 3: どちらも同程度, 4: わずかに身体の動きを利用した移動, 5: 身体の動きを利用した移動

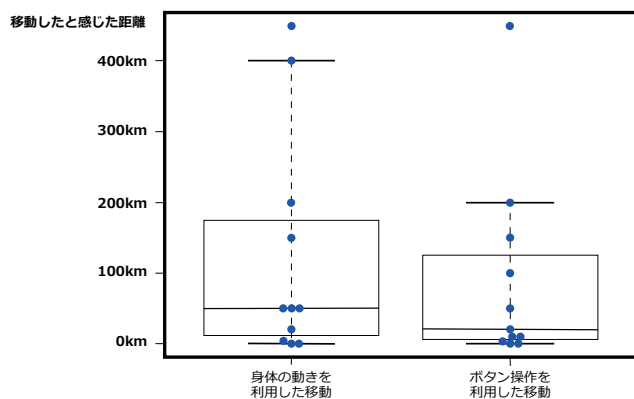


図 7 (4) の回答距離の箱ひげ図

たが有意差はみられなかった ( $p=0.173>0.05$ ). 両方の移動方法において回答された距離の値は 0km から 400km まで存在し, 回答する数値の幅が大きいことがわかる. 回答で長い距離を推定した理由として「全く違う空間に移動したので, 遠く離れた場所だと感じた」という意見がみられた. しかし, 短い距離を推定した協力者の記述では「移動が瞬時に景色に切り替わるものなので, 移動量がそこまで感じられなかった」という意見がみられた. 以上の結果からユーザの感じる距離感には非常に個人差が大きく, 移動が瞬時に行われることで移動した距離を短く感じる事が分かる.

### 5.3 条件に対する比較に対する考察

条件に対する比較アンケートの結果を表 3 に示す. 全て質問に対する 5 段階評価は中央値, 最頻値ともに 5 で全体的に身体の動きを利用した移動が高評価となった. 表 3(1)「どちらの手法を今後利用したいですか」, 表 3(2)「どちらの手法が利用して楽しかったですか」, 表 3(3)「どちらの手法が空間移動を連想しやすかったですか」の評価において「5」と回答した協力者の意見としては「自身の行動により空間を作ったので空間移動を行ったとより強く感じたから」や「身体を動かした方が移動した感覚を得ることができた」など理由として身体を動かすことに言及するものが多く見られた. 以上の結果から身体を動作によるシステム操作が没入感や移動した感覚の向上, 全体における高評価につながったことが考えられる.

### 5.4 今後の改善点

実験を行った結果いくつか改善点が明らかになった. 本システムの改善点は大きく分けて 2 点が考えられる.

#### (1) 円を描く動作の認識精度の向上

円を描く動作の認識にかかる回数は平均 4.2 回であり, 認識には複数回動作を行うことが必要となってしまう. このことがユーザに負の影響を与えている記述はみられなかった. しかし, 操作性の向上の余地があるため, 認識精度の向上が改善点として挙げられる.

#### (2) 移動を行った際の距離感の提示

本システムでは, ユーザに与える距離感に個人差が大きく, 移動した距離が短く感じる理由として「瞬時の移動により距離感を感じなかった」という意見がみられた. 長距離の移動であることを表現するためには, 今後移動した距離を感覚的にユーザに提示する必要があると考えられる.

## 6. おわりに

本研究では, 仮想空間において身体の動きを利用した操作方法と仮想空間特有の表現を用いることで「あたかも遠く場所に移動した感覚」の向上を行うシステムを開発し, 検証を行った. 実験では, 「身体の動きを利用する移動」「ボタン操作を利用する移動」の 2 種類のシステムを作成し, 2 種間で比較実験を行った. 実験の結果, 身体の動きを利用した操作方法と仮想空間特有の表現を用いることでユーザに与える感覚を向上させることがわかった. 向上させる感覚として, 身体の動きを利用した操作方は「移動した感覚」「能動的に移動を行った感覚」を仮想空間特有の表現は「空間への接続感」「空間移動の想起性」を特に向上させており, 「空間への侵入感」は身体の動きを利用したシステム操作と仮想空間特有の表現の両方が同程度影響を与え感覚を向上させていることがわかった. さらに身体の動作によるシステム操作が全体的な没入感や移動した感覚の向上につながったこともわかった.

現状の問題点として, 「円を描く動作の認識」「遠く場所に移動した」という移動の距離感を提示することができていないことが挙げられる. 今後は, ユーザに与える距離感を変える表現の作成を目指す. ユーザに距離感を与える方針として移動にかかる時間などを表現, 変化させることを考えている. 本実験では, 空間移動を行う距離の大きさ

に依存せず表現の変化を行わなかったが、今後は空間移動を行う距離に依存して表現の変化を行うことでユーザに与える距離感を変えることを目指す。

#### 参考文献

- [1] 杉本真樹, 谷口直嗣, 新城健一: XR(VR・AR・MR)によるテレイグジスタンス・超臨場感コミュニケーションと遠隔医療・手術シミュレーション・トレーニング, バイオメカニズム学会誌, Vol.43, No.1, pp.35-40(2019).
- [2] 中本涼菜, 谷岡遼太, 吉野孝: VRを用いた被災体験とその対策を繰り返すことによる防災教育システムの提案, 第16回情報処理学会関西支部支部大会, 情報処理学会関西支部大会講演論文集 G-28, pp.1-6(2017).
- [3] Noah, C. Sadler B. William, C. Betsy, W. : Evaluating the effects of four VR locomotion methods: joystick, armcycling, point-tugging, and teleporting, SAP'18: Proceedings of the 15th ACM Symposium on Applied Perception, Article No.7, pp.1-8(2018).
- [4] Evren, B. Andrew, B. Srinivas, K. Rajiv, Dubey : Point & Teleport Locomotion Technique for Virtual Reality, CHIPLAY'16: Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, pp.205-216(2016).
- [5] Markus, F. Florian, M. Marco, F. Megan, S. Moritz, K. Niclas, D. Sebastian, G. Max, M : Assessing the Accuracy of Point & Teleport Locomotion with Orientation Indication for Virtual Reality using Curved Trajectories, CHI' 19: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Paper No.147, pp.1-12(2019).
- [6] Julian, K. Dennis, E. Denise, O. Annika, K. Frank, D : Effects of Virtual Reality Locomotion Techniques on Distance Estimations, ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2021, 10(3), 150; <https://doi.org/10.3390/ijgi10030150>(2021).
- [7] Sabine, U. Ashima, K. Viviane, C. Kirsten, R. Nicolas, K. Peter, K. : Embodied Spatial Knowledge Acquisition in Immersive Virtual Reality: Comparison to Map Exploration, bioRxiv preprint: <https://doi.org/10.1101/2020.01.12.903096>(2020).
- [8] 瀧上宏樹, 吉野孝: ドアコム AR: ポータルを用いた空間接続表現手法による対話相手の存在感の強化, 情報処理学会, インタラクション 2018, pp.1-9(2018).