

空間情報把握を支援する直感的な オブジェクト操作可能な複数視点環境の提案

樽川香澄^{†1} 井上智雄^{†2} 岡田謙一^{†3}

現実空間でのオブジェクトの配置を仮想空間上で再現してプランニングを行うタスクにおいて、仮想空間上で正しい空間情報が把握できていれば、より現実に近いプランニングを行うことができる。我々は空間情報把握のため、空間を見降ろす俯瞰的な視点と、空間内のオブジェクトからの視点という二つの視点を頻繁に利用している。この二つの視点情報を得ることで効率的に空間情報を把握できるが、現在では二つの視点情報を同時に利用でき、両視点から直感的に操作を行える環境は少ない。そこで、我々は直感的なオブジェクト操作が可能な複数視点環境提示システムを提案する。提案システムではテーブル型のタッチパネルと壁掛け型ディスプレイに各視点を表示することで2種類の視点からの空間把握を支援し、さらに、タッチやジェスチャによる直感的なオブジェクト操作環境を提供する。本論文において、提案システムを用いた試用実験により、システムの操作性を確認した。

Introducing Gestural Operation of the Viewpoint in a 3D Virtual Space of a Multiple Perspectives System

KASUMI TARUKAWA^{†1} TOMOO INOUE^{†2}
KEN-ICH OKADA^{†3}

Proper spacial information recognition promotes tasks dealing with space design. This paper presents the design, implementation, and evaluation of an interactive tabletop and

vertical display system that supports spacial information recognition in tasks. This research focuses on two kinds of viewpoints, the overhead view and the individual view. The proposed system shows both viewpoints. We use a tabletop display for the overhead view and a vertical display for the individual view. The system allows the user to move the object intuitively in each viewpoint by the introduction of the gesture operation. It was investigated whether the gestural operation of the object representing the user him/herself in the virtual space could be compared with the physical object manipulation in the individual view. Statistically significant difference was not found between the two, but the gestural operation in the individual view gave better impression to the users.

1. はじめに

情報技術の発達により、コンピュータとのインタラクションの方法のひとつとして、操作を直感的に知覚できるインタフェースが注目されてきている。テーブル型のタッチパネルであるテーブルトップインタフェースは、テーブルを囲んだ複数人での作業を可能にするため、協調作業の支援に適した環境であると言われている[1]。また、近年ナチュラリインタラクションの研究は特に盛んである。ナチュラリインタラクションとは、コンピュータと人間との自然なやりとりを意味し、キーボードやボタンなどの道具を介さずにコンピュータの制御を行うインタラクションの新たな形態である。このインタラクション方法では、人間が自分の体を用いて行うジェスチャや音声コントローラーとして用いられる。

一方、我々の身の回りには、ある空間をイメージしてその空間情報を適切に認識することで効果的に進めることのできる作業が数多く見受けられる。例えば、イベント開場の設営プランニングや部屋のデザイン、都市設計など、実際にすぐに再現することは難しいが頭の中で実際の現場のイメージを膨らませて考える必要のあるタスクがあげられる。これらの作業に取り組む際、我々は性質の異なる二種類の視点を利用する。一つ目が、空間を俯瞰的に見る視点である。もう一つは、空間内に存在する人や物などのオブジェクトの視点である。本研究では、この二つの視点をそれぞれ「俯瞰視点」、「個別視点」と呼ぶ。この二つの視点を利用することで空間情報の認識を促

^{†1} 慶應義塾大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Keio University

^{†2} 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科

Graduate School of Library, Information and Media Studies, University of Tsukuba

^{†3} 慶應義塾大学理工学部情報工学科

Department of Computer and Information Science, Faculty of Science and Technology, Keio University

進出来るため、全体的な配置と実際に空間内にいる人の視点を意識する必要があるタスクを効率化することが出来る。しかし、現状ではこれらの視点を複数人で同時に利用できる作業環境は少なく、あったとしても入力操作を俯瞰視点からしか行えないために、双方の視点上で直感的に操作を行える環境ではない。そのため、どちらか一つの視点に注力して、もう一方の視点での確認を疎かにしてしまったり、頭の中で二つの視点情報を同期させることが困難で直感的な操作ができなかったりといった問題が起こる。特に空間デザインのタスクにおいて、空間内で人が動いたときにその人からの見え方がどう変化するかの確認は重要であり、個別視点に視点を提供するオブジェクトの移動操作は直感的に行える必要がある。本研究ではこのオブジェクトを視点オブジェクトと呼ぶ。

そこで本研究では、テーブルトップインタフェースに俯瞰視点を表示し、壁掛け型ディスプレイに個別視点として俯瞰視点上で設定した特定のオブジェクトの視点を表示して、2つの視点情報を得た空間情報認識を支援するシステムを提案する。提案システムでは、俯瞰視点では空間内に表示されているオブジェクトをタッチで、個別視点では視点オブジェクトをジェスチャで直感的に操作できる環境を提供し、より効率的に作業を行えるよう支援する。また、提案システムの操作性を検証するために、評価実験を行った。

2. 空間をとらえる複数の視点

都市設計や空間デザイン、スポーツの戦術プランニングなど空間を扱う様々なタスクにおいて、空間情報を適切に把握することは非常に重要である。実際に現場の状況を再現できない中でも、空間情報を適切に把握しイメージすることで、より実際の状況を意識した準備やプランニングが可能になる。本研究では、空間情報を適切に把握するために必要だと考える性質の異なる二種類の視点に着目する。

2.1 俯瞰視点と個別視点

空間情報を認識する作業において空間情報を広く全体的にとらえたい場合に、その空間自体を俯瞰的にとらえる見方が利用される。このように空間を上から俯瞰的にとらえる視点を「俯瞰視点」と呼ぶ。俯瞰視点による空間情報の表示は、地図や部屋の間取り図の表現、スポーツの戦略ボードなどで利用される。空間を俯瞰視点でとらえることにより広い範囲の情報を踏まえた状況理解が促進されるため、自分の現在地や複数のオブジェクト同士の全体的なバランスなどを確認する際に頻繁に利用される。

俯瞰視点とは別に、空間情報を認識する作業において空間内に存在するオブジェクトの見え方を意識することが求められる場合がある。このように、空間内に存在するオブジェクトの視点を本研究では「個別視点」と呼ぶ。個別視点による空間情報の表示は、グーグルストリートビュー[2]や主人公の目線で進めていくアクションゲーム、

役者目線のカメラなどで利用される。空間を個別視点でとらえることで実際にその空間に存在するオブジェクトの視点を確認できるため、より実際の状況を意識して作業を進めることが出来る。

2.2 複数視点の同時利用

性質の異なる二種類の視点を同時に利用することで、空間情報を認識して進めていく作業を効率化することが出来る。例えば、展覧会などのイベント会場の設営プランニング作業では、俯瞰視点を利用して各作品の出展位置や通路の設計など全体的なバランスを調整し、個別視点を利用することで出展位置の微調整や通路の通りやすさを確認するなど実際に現場に来る客の見え方を意識した空間デザインが可能になる。

また、家の設計デザインなどでは、俯瞰視点を利用した間取り図で各部屋の配置などを決定し、個別視点を利用することで実際に自分がその家に住んでいるかのような具体的なイメージを持って家具の配置や窓の設計などを行うことが出来る。

このように、全体的なバランスや配置を意識するためには俯瞰視点を、そして実際にその場にいる人になりきりその人が見ているイメージを意識して理想のオブジェクト配置を考えるために個別視点を利用することで、性質の異なる二種類の視点を活かした効果的な作業が可能になる。

2.3 複数視点の利用における課題

二種類の視点の利用において、以下の問題点があると考えられる。

- 二種類の視点の同時利用

前に述べたように、様々なタスクにおいて俯瞰視点と個別視点を同時に意識して作業することが求められるが、現状では性質の異なる二種類の視点の同時利用を支援する研究は少ない。そのためどちらか一方の視点イメージに注力しすぎることにより、もう一方の視点に対する意識が薄れてしまう。結果的に空間情報を正確に認識することが出来ず、タスク進行が非効率的になってしまう可能性が高くなる。

- 二種類の視点間に生じるギャップ

ある空間を俯瞰視点と個別視点それぞれで認識する場合、同じ空間でも作業がそれぞれの視点情報を目にして感じるイメージは大きく異なる。そのため、2つの視点間では認識にギャップが生じる。個別視点で考えた移動方向に俯瞰視点上から移動操作を行う時、直感的に考えを操作に反映させることは困難である。なぜなら、この操作を実現したい場合俯瞰視点では、“どのオブジェクトを動かすか”，そして“どちらの方向に動かすか”という二つの思考のプロセスを踏む必要があるためである。複数人でプランニング作業を行う場合、この認識のギャップはより大きなものとなる。

特に、空間デザインにおいては“住人が部屋を横切る時、家具の見え方はどのように変化するか”というように、空間内の人が動いた時の他のオブジェクトの見え方の変化を確認する必要がある。そのため、個別視点に視点を提示している視点オブジェクトの操作はなるべく直感的に実行できる必要がある。この場合、移動方向はそのオ

プロジェクトの視点である個別視点上で判断するため、個別視点からの直感的操作が可能でなくてはならないが、現行のシステムではサポートされていない。

このように、二つの視点イメージを提示していても、入力操作がどちらか一方のイメージに限定されている場合、オブジェクトや移動方向の特定など情報の認識におけるギャップにより作業が効率的に進められない可能性がある。

2.4 関連研究

複数の視点を同時に表示するシステムとして、テーブルトップインタフェース上の現実空間をミニチュア舞台として、その舞台上での操作を仮想空間に連動させる研究がある[3]。現実空間のミニチュア舞台での操作がリアルタイムで仮想空間に反映されるため、二つの舞台空間を利用してユーザは実際の舞台空間に対するイメージを深めることが出来る。この研究では、テーブル上でのタッチパネル操作により仮想舞台をとらえる視点を調整することが出来る。これにより、仮想舞台を様々な角度から確認することが出来る。

MERL (Mitsubishi Electric Research Laboratories) では、テーブルトップインタフェースと複数の壁面ディスプレイを利用して、複数の俯瞰視点を同時に確認可能なシステムが作成された[4]。テーブルトップインタフェース上に空間を俯瞰的にとらえたイメージを表示し、他に用意された三枚の壁掛け型ディスプレイには角度を少しずらした俯瞰視点のイメージや、指定した道順のように特定の情報を明示したイメージなど用途に応じた俯瞰視点のイメージを表示する。ユーザは、空間を真上から見た様子だけではなく用途に応じて異なる位置からの視点や様々な情報を含んだイメージを計四枚のディスプレイを利用して同時に確認することが出来るため、空間の状況認識を効率的に進めることが出来る。これら二つのシステムでは、俯瞰視点の捉え方を変えたもので、空間内のオブジェクトの視点には言及していない。

Andy らは、テーブルトップインタフェース上に表示した地図上で人形をセットすると、その人形の視点で地形の様子を確認できるシステムを作成した[5]。人形の視点は、壁掛け型のディスプレイ三枚を利用して表現している。また、人形の回転や移動操作によって、その人形の視点も連動させて操作することが出来る。俯瞰的な見え方だけではなく、その空間にいるオブジェクトの視点も同時に確認して空間状況を把握できるため、より詳細にその空間に対する理解を深めることが出来る。また人形を視点を確認したい位置に動かすという容易な操作で視点情報が再現されるため、視点の移動操作も直感的に実現することが出来る。ここでは操作はすべてテーブルトップ上で行われ、人形の視点が表示されているディスプレイからの操作は行うことができない。

3. 直感的にオブジェクト操作可能な複数視点環境

3.1 システムコンセプト

前節で述べた、複数視点の利用における課題を解決するために本研究では、俯瞰視点と個別視点の両方を提示し、それぞれの視点上でのオブジェクトの操作をより直感的に実行できる環境を提供することを目指す。上記したように、現行のシステムでは、視点オブジェクトへの操作が俯瞰視点上でしか実行できないことにより視点オブジェクト操作が困難であるという問題があった。本研究ではこの課題を解消するために、2視点間で生じる空間情報認識におけるギャップを軽減し、視点オブジェクト操作を容易にすることをコンセプトとする。このコンセプト実現のため、個別視点で決定した視点オブジェクトへの操作を俯瞰視点に変換することなく、個別視点を見たまま直感的に行うことのできる操作方法を導入する。

- 操作者と操作対象の視線方向の一致

個別視点を見ながら俯瞰視点上で視点オブジェクトの操作を行う際、個別視点から得た空間情報を俯瞰視点上に置き換えて対応を判断する必要がある。視点オブジェクトを連続的に移動させる場合には、この2つの視点間のギャップが個別視点上で動きたいと思った方向に実際に動くことができないという問題を生む。

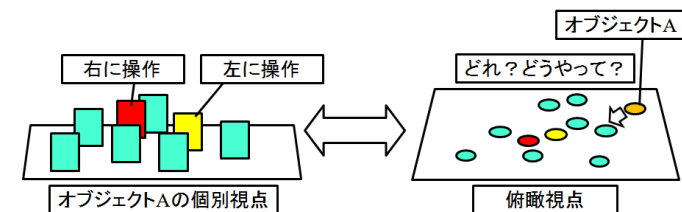


図1 2視点間のギャップ

図1の右側には、ある空間を俯瞰視点でとらえた画像、左側には空間内にあるオレンジ色のオブジェクトの個別視点で空間をとらえた際の画像が表示されている。この時、個別視点で“赤いオブジェクトを右に移動し、黄色いオブジェクトを左に移動させたい”と考えた場合、俯瞰視点では直感的にこの考えを操作に反映させることが困難である。なぜなら、この操作を実現したい場合俯瞰視点では、“どのオブジェクトを動かすか”、そして“どちらの方向に動かすか”という二つの思考のプロセスを踏む必要があるが、個別視点と俯瞰視点では作業者が受けるイメージは大きく異なるため直感的に操作を反映させることが出来ないからである。このような視点間のギャップの原因は、操作者と操作対象の視線方向が一致していないことにある。

本研究では視線方向を一致させることができる操作方法としてジェスチャによる操作を提案する。ジェスチャによる視点オブジェクト操作により、個別視点を見ながら視点オブジェクトを操作できるため、操作者と操作対象である視点オブジェクトの視線方向は一致する。これより、2つの視点間のギャップを解消し、“視点オブジェクトを前進させたいときは作業者也前進のジェスチャ操作を行う”といったように直感的な操作判断が可能になる。

● 覚えやすいジェスチャ操作

直感的な視点オブジェクトの進行方向の判断が可能になっても、ジェスチャ操作自体がユーザーにとって覚えにくいものでは容易な視点オブジェクト操作は困難となる。したがって、容易な視点オブジェクト操作を実現するためには、ユーザーが覚えやすい簡単なジェスチャ操作を実現しなければならない。そのため本提案システムでは、使用するジェスチャは両手を合わせる、腕を伸ばす、腕を上げる、の3種類に限定し、複雑な動作は使用しないようにした。

4. 実装

本節では、このアプリケーションが持つ機能の実現方法ならびに機能詳細に関して説明する。

4.1 ハードウェア構成

本システムでは、テーブル型のタッチパネルと壁面型のディスプレイを利用しそれぞれに俯瞰視点と個別視点で捉えた空間情報を提示することで、複数人の作業者が直感的に空間情報の認識や操作を行うことが出来る。

テーブル型タッチパネルには複数人の接触を同時に認識可能なMERL社のDiamondTouchを利用した[6]。DiamondTouchの操作はユーザが微弱な電流がながれるシートの敷かれた椅子に座った状態で行う。ユーザがテーブル表面に触れると、その場所に配置された電極・ユーザの身体・シート間の静電容量結合により電流がながれ、これによりユーザ識別と接触位置を特定することができるため、テーブルを中心とした複数人での協調作業が可能である。

俯瞰視点を表示するDiamondTouchには、空間を上から俯瞰的にとらえた様子を提示する。そして、個別視点を表示する壁面タッチディスプレイには、空間内にオブジェクトの視点を表示する。どのオブジェクトの視点を個別視点に表示するかは、俯瞰視点上で設定する。これらの二種類の視点で表示する情報を常に同期させることで、作業者は両視点を同時に利用して空間情報を確認することが出来る。

また、俯瞰視点ではタッチパネルに直接触れることで、作業者はオブジェクトの移動や回転等の操作を行うことが出来る。個別視点ではMicrosoft社[7]のKinect[8]センサーでユーザのジェスチャを認識することで、視点オブジェクトの移動・回転操作が出

来る。これらの機能により、作業者は二種類の視点を利用して直感的なオブジェクト操作を行うことが出来る。

これらのデバイスを図2のように配置することで、複数人で同時にオブジェクト情報の認識・操作を行うことが可能な作業環境を構築する。



図2 提案システム概要

4.2 応用アプリケーション

本研究において、提案システムを応用したアプリケーションとして、サッカーの戦術プランニング支援システムを実装した。

サッカーは、これまでに説明してきた俯瞰視点と個別視点を両方意識することが大事なスポーツである。俯瞰視点を利用することで、選手同士の距離感やフォーメーションのバランスを全体的に意識することができる。また個別視点を利用することで、実際に試合に出ている選手の立場になって状況をイメージすることができるため、より現実的な戦術プランニングが可能になる。

本研究では、フィールドや選手の大きさ、そして視野の範囲の設定などを現実世界での数値を考慮して行った。図3個別に示すように、視点を表示する際に利用されている仮想空間内では、フィールドの大きさや選手のサイズが現実世界での大きさと比例させて構成されている。具体的には、フィールドの大きさは国際大会の基準範囲である105m × 68m を、そして選手の身長は日本人男子20～24歳の平均身長とされる171cm をそれぞれ同比率でスケールダウンして仮想空間内に配置した[9]。また各選手の視野の広さは、映像により運動感覚を誘発する際にその感覚が飽和するとされている110度に設定した[10]。このように本システムでは、オブジェクトのサイズや位置関係、視野の広さを現実世界での数値を基に設定することで、より実際のサッカーをプレイしている際の視点をイメージして戦術のプランニング作業を効率化できるような作業環境を構築した。



図3 俯瞰視点（左）と個別視点（右）の表示

4.3 提案システムでのオブジェクト操作

DiamondTouch 上に表示されている俯瞰視点は、Java を利用して作成したイメージで表示しており、壁面ディスプレイ上に表示している個別視点はJava3D を利用した仮想空間で表現した。これらの別環境で用意された空間やオブジェクトの情報は常に同期させており、どちらかの視点内でオブジェクトの操作が行われた際は両方の視点イメージ内で適した位置にオブジェクトが自動的に移動するため、各視点同士で情報認識時にギャップを感じずに直感的に空間情報を把握して作業を進めることができる。

4.3.1 俯瞰視点でのオブジェクト操作詳細

俯瞰視点上では全てのオブジェクトをタッチにより移動操作可能であり、加えて視点オブジェクトには回転操作も可能である。視点オブジェクトは2回連続でタッチすることで設定する。

視点オブジェクトを設定すると、図4のように俯瞰視点上ではそのオブジェクトの周囲に扇形の描画がされるため他のオブジェクトとの判別が容易になる。視点となるオブジェクトは2つまで設定可能であり、設定したユーザによって扇形が異なる色で描画される。この扇形の周囲に触れることによって、視点の方向を触れた方向へと設定でき、またドラッグすることで、視点の向きを連続的に変化させることも出来る。この際、個別視点イメージで表示されているオブジェクトの視点の向きは、俯瞰視点上での視点オブジェクトの周囲に表示されている扇形の向きと連動する。また扇形の中心角は、視点設定オブジェクトの視野角と同じ角度で描画されている。この機能によりユーザは、どのオブジェクトがどの方向を見ているのかという情報を、俯瞰視点上で容易に認識することが出来る。



図4 視点オブジェクトの描画

4.3.2 個別視点でのオブジェクト操作詳細

個別視点上では視点オブジェクトをジェスチャ操作により移動・回転操作可能である。操作の検出に用いるKinect を壁面ディスプレイの下部に設置しているため、全てのジェスチャは個別視点、すなわちKinect本体正面を見ながら行う。KinectのSDKにはOpenNI[11]が開発したOpenNI[12]を用い、ドライバにはSensorKinect[13]を設定した。ジェスチャの認識にはNITE[14]の骨格トラッキングプログラムを利用した。提案システムでは両手を合わせる、腕を伸ばす、腕を上げるという3種類のジェスチャを利用する。本節ではそれぞれのジェスチャの認識方法について述べる。

● 両手を合わせる動作

右手と左手の間の距離が30mm 以内になった時に、両手を合わせたと判定する。この操作は、視点オブジェクトに対し移動と回転どちらの操作を行うのかの選択に用いる。ユーザの肩より下で手を合わせると移動、肩より上だと回転操作が可能な状態になる。もう一度手を合わせると操作可能状態は終了する。

● 腕を伸ばす動作

右手と右肩との水平距離が一定以上になると腕を伸ばしたと判定する。回転か移動かの操作種類を設定した後にこの動作を行うことで、実際に視点オブジェクトの移動や回転操作を行う。移動の際には視点オブジェクトの向きは移動方向と一致するように常に自動で変化する。移動の向きや回転角度の大きさは腕を動かすことによって連続的に変化するの、実際に空間内にいるかのような感覚で操作を行うことができる。

● 腕を上げる動作

ユーザの左手が肩より上になると、腕を上げたと判定する。前述の腕を伸ばして行う移動操作では視点オブジェクトの向きは自動で移動方向に一致するようになっているが、左手でこの動作を行いながら移動操作を行うと、視点を回転させずに移動操作ができる。

5. 評価

本研究における提案機能である、複数視点環境下でのジェスチャによる視点オブジェクト操作が、操作性の向上に有効であることを検証することを目的に評価実験を行った。

5.1 連続した個別視点画像によるコース移動実験

被験者には提案手法のジェスチャによる操作と従来手法のテーブルトップでのタッチによる操作の2通りで、個別視点を見ながらの視点オブジェクト操作を行ってもらった。

被験者は大学生、大学院生14名である。被験者に行ってもらった視点オブジェクトの操作は我々が決めた仮想空間上でのコースを移動してもらい、その正確性を測定するためコース上の数か所で視点オブジェクトの座標を記録した。

コースの提示は、図5のような視点オブジェクトがコースを通る途中の個別視点の連続したキャプチャ画像にて行う。連続した2枚の画像では、前の画像と後の画像とのオブジェクト配置の差異から視点オブジェクトが移動した方向を推測することができる。実際にその推測に従って視点オブジェクトを移動させるという操作が今回被験者に行ってもらったタスクである。提示する移動コースのキャプチャ画像は一つのコースにつき5〜7枚とし、連続した2枚の画像では、被験者が前の画像と後の画像とでオブジェクト配置の比較ができるように、前の画像で表示されているオブジェクトの一部が後の画像でも表示されているものを選ぶ。

本実験では、提示したキャプチャ画像を実際に撮影した時の視点オブジェクトの座標から、被験者が通ったポイントの座標がどのくらいずれているかを定量的に分析する。さらに、アンケート操作により操作の覚えやすさ、視点オブジェクトの移動・視点回転の容易さ、問題の解きやすさについて5段階での評価を行う。



図5 連続したキャプチャ画像による移動方向推測

5.1.1 実験手順

本実験を行う前に、被験者に3種類のコースを示した問題を資料として配布した。その後、提案システムの使用方法に関して説明を行い、実際に視点オブジェクトの選手を動かして視点操作を行ってもらったことでシステムに慣れてもらった。

被験者には一人ずつ、視点オブジェクトを操作して配布したキャプチャ画像から推

測されるコースを辿ってもらった。被験者の半数は提案手法で先に実験を行い、残る半数は従来手法で先に実験を行った。1つの作業環境につき3つのコース移動操作をした後、もう一方の作業環境で同じく操作してもらった。被験者にはキャプチャ画像で示されたコースの位置に来たと思ったときに合図をしてもらい、その時点での座標を記録した。

各環境において3問目の最後の画像への合図をってもらった時点で解答終了とし、計6問の設問に答えてもらった後、操作感に関するアンケートに答えてもらった。

5.1.2 実験結果

各設問での提案手法である個別視点上でのジェスチャによる視点オブジェクト操作と従来手法である俯瞰視点上でのタッチ操作の誤差は図6のグラフのようになった。縦軸は誤差のピクセル数を表す。

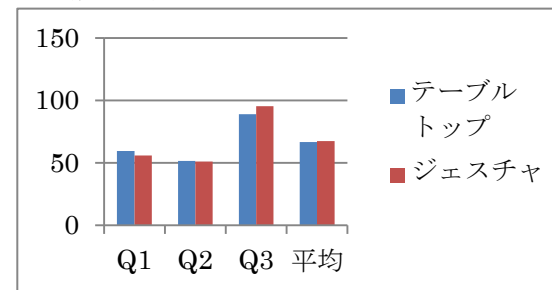


図6 連続したキャプチャ画像による移動方向推測

2つの手法での操作終了後に回答してもらったアンケート結果を以下の表1に示す。各設問は5段階評価とし、1を「全くそう思わない」、5を「とてもそう思う」という意味で被験者に考えを回答してもらった。

表1 操作感のアンケート結果

	テーブルトップ	ジェスチャ
操作の覚えやすさ	4.5	4.2
移動の容易さ	3.6	3.9
視点回転の容易さ	3.3	4.2
問題の解きやすさ	3.5	4.0

5.2 考察

ジェスチャという感覚的な操作では、直接オブジェクトをタッチし正確な操作を行うことが出来るテーブルトップよりも正確性は落ちるのではないかと懸念があった。しかし、図6を見ると、提案手法と従来手法ではほぼ等しい誤差率となってい

る。これにより、提案手法においてもテーブルトップと同等の精度で操作を行えることがわかった。

表1を見ると、操作の覚えやすさはテーブルトップのほうが高いものの、ジェスチャも4.15と十分覚えやすい操作であったと言える。テーブルトップは近年のタッチデバイスの普及によりタッチ操作を行う機会が増え、操作に慣れていたことが4.54と高い評価を得た理由だと考えられる。

また、ジェスチャによる視点オブジェクトの移動と視点操作のほうがテーブルトップで行う操作よりも評価が高く、操作が容易であると被験者に感じさせることができたと言える。提案手法では操作者と操作対象である視点オブジェクトの視線方向が一致し、被験者が進行方向を直感的に理解することができたためであると考えられる。このことから提案システムの目的である「2つの視点間の操作のギャップの解消」は達成できたと言える。それにより全体的な操作の印象を示す問題の解きやすさの項目でもよりテーブルトップに比べ評価は向上し、提案手法により容易な視点オブジェクト操作を実現できていると言える。

これらの実験結果考察により、提案システムでは俯瞰と個別2つの視点を利用するシステム環境において、精度の面では従来と変わらないが、被験者にとってより容易に感じられる視点オブジェクト操作を実現できたと言える。

6. まとめ

本研究では、俯瞰視点と個別視点を同時に表示し、各視点間でのインタラクションを実現することで空間情報認識を必要とする協調作業を効率化するシステムを開発した。

現行の研究では、入力操作を俯瞰視点からしか行えないために、双方の視点上で直感的に操作を行える環境ではなかった。特に、視点となるオブジェクトの操作では、個別視点で判断した視点オブジェクトを実際に俯瞰視点上で操作するのは視点間での認識のギャップのため困難であった。そこで本研究では双方の視点での直感的な操作を実現するために、俯瞰視点の操作にはタッチを、個別視点の操作にはジェスチャインタラクションを導入した。

本提案システムでは視点オブジェクトに注目し、操作者と操作対象の視線方向が一致するように、個別視点を見ながら覚えやすいジェスチャを利用した視点オブジェクト操作を実現した。

本システムの操作性検証のために行ったオブジェクト視点でのコース移動実験では、従来手法である俯瞰視点上からの操作との比較を行い、提案手法を用いることで個別視点を見ながらの視点オブジェクト操作をより容易に感じさせることが可能であるこ

とを確認した。さらに、精度においても俯瞰視点であるテーブルトップから操作した場合と同等の正確性の操作がジェスチャによって可能であると証明した。このことから、提案手法により2視点間のギャップを解消し、テーブルトップと同等の精度で容易な視点オブジェクト操作が実現できると言える。

参考文献

- 1) Shen, C., Lesh, N., Vernier, F., Forlines, C. and Frost, J., “!Sharing and Building Digital Group Histories”, *ACM CSCW '02*, pp.324-333, 2002.
- 2) Google Street View, <http://maps.google.co.jp/>
- 3) 堀内陽介, 井上智雄, 岡田謙一, “ミニチュア舞台と仮想舞台の連動による舞台空間イメージ支援”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.16, No.4, pp.567-576, 2011.
- 4) Clifton Forlines, Alan Esenther, Chia Shen, Daniel Wigdor, and Kathy Ryall, “Multi-user, multi-display interaction with a single-user, single-display geospatial application”, In *Proceedings of UIST '06*, ACM, Montreux, 2006, pp.273-276.
- 5) Andy Wu, Derek Reilly, Anthony Tang, and Ali Mazalek, “Tangible navigation and object manipulation in virtual environments”, In *Proceedings of TEI '11*, ACM, Funchal, 2011, pp.37-44.
- 6) P. Dietz, D. Leigh, “DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology”, In *Proceedings of UIST '01*, ACM, NY, 2001, pp.219-226.
- 7) Microsoft, <http://www.microsoft.com/>
- 8) Kinect, <http://www.xbox.com/en-US/kinect>
- 9) 文部科学省. http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/main_b8.htm.
- 10) 画像電子学会. 3次元画像用語事典. 新技術コミュニケーション, 2000年.
- 11) OpenNI, <http://openni.org/>
- 12) OpenNI, <http://openni.org/about>
- 13) SensorKinect, <https://github.com/avin2/SensorKinect>
- 14) NITE, <http://www.primesense.com/nite>