

仮想タッチパネル型スポットライティング

天早健太^{†1} 杉原慶哉^{†1} 浜信彦^{†2} 中道上^{†2} 渡辺恵太^{†3} 山田俊哉^{†4}

概要: 直観的にオブジェクトに焦点を当てることを目的としたシステムとしてスポットライティングが提案されている。インタラクション 2016 におけるインタビューから、求められる要件として、手形状の指定がなく、フォーカスエリアを固定する機能が挙げられた。本研究ではこれらの要件を満たす仮想タッチパネル型スポットライティングを提案する。提案システムは、仮想タッチパネルに触れた状態で手を動かすことでフォーカスエリアが移動し、仮想タッチパネルから手を離すことでフォーカスエリアを固定することが可能となる。

Virtual touch panel type Spotlighting

KENTA AMAHAYA^{†1} KEIYA SUGIHARA^{†1} NOBUHIKO HAMA^{†2}
NOBORU NAKAMICHI^{†2} KEITA WATANABE^{†3} TOSHIYA YAMADA^{†4}

Abstract: Spotlighting have been proposed as a system for focusing on objects intuitively. From the interview at interaction 2016, there were requirements for it. They are a function to fix the focus area without specifying the hand shape. We propose virtual touch panel type Spotlighting that meets these requirements. In the proposal system, the focus area moves by moving the hand with touching the virtual touch panel. When the hand is released from the virtual touch panel, the focus area is fixed.

1. はじめに

近年、センシング技術の著しい向上により家電などのジェスチャー操作が一般的になりつつある。例えばテレビの前に立ち、手をかざすことで操作を行うことができる製品 [1] の開発や研究 [2] が進められている。また指差しジェスチャーに着目し、ジェスチャーによるマウスカーソルの移動を利用したポインティングシステム [3] の研究が進められている。一般的なマウスカーソルは矢印の形をしており、その先端である一点がポインティング位置であることをフィードバックするために使用されている

人がオブジェクトに対する認知を他の人と共有するために指差しジェスチャーがしばしば行われる。しかし、人が指差しジェスチャーでオブジェクトの認知を共有する際、一点ではなくオブジェクトの全体またはその一部を示したい場面が多く存在する。またそのような場合に指差しジェスチャーだけでなく、オブジェクトの特徴を言葉で説明することで意思疎通を図ることがある。しかし、お互いのオブジェクトに対する認知が異なる場合があるため、認知の共有は難しい。オブジェクトとは一般的に物や対象物のことを指しており、本研究ではコンピュータの画面上の対象

物だけでなく、現実世界の物体もオブジェクトと呼ぶこととする。

オブジェクトに対する認知を複数人で共有するために、オブジェクトに焦点を当てることを目的としたスポットライティング [4] が提案されている。スポットライティングは指差しジェスチャーによるフォーカスエリアの操作を用いて直観的にオブジェクトの全体またはその一部の範囲を指し示すことが可能である。インタラクション 2016 におけるインタビューからスポットライティングに求められる要件として、手形状の指定がなく、フォーカスエリアを固定する機能が挙げられていた。本研究ではこれらの要件を満たす仮想タッチパネル型スポットライティングを提案する。

2. 関連研究

オブジェクトに対して全体またはその一部の範囲を指し示すことが可能なデバイスとしてレーザーポインタ [5]、マウス、タブレット端末などが挙げられる。近年のレーザーポインタでは一点のみでなく、円や四角形、矢印型など、様々な形での照射が可能となっている。しかし、デバイスを手を持つ必要がある。また照射範囲の図形や色、範囲の大きさに制限があり、オブジェクトの全体を示すことが難しい場合がある。

^{†1} 福山大学大学院
Graduate School of Engineering Fukuyama University

^{†2} 福山大学
Fukuyama University

^{†3} 株式会社 DNP 情報システム
DNP Information System Co., Ltd.

^{†4} NTT アイティ株式会社
NTT IT Corporation

ジェスチャー認識のために用いられるセンサーとして Kinect[6]や Leap Motion[7], Ring[8]が挙げられる。Kinectは3種類のカメラを用いて人の骨格を追跡することが可能なセンサーである。Leap Motionは赤外線を用いて手の形状を認識することが可能なセンサーである。このような非接触によるセンサーの登場により、デバイスを持たないジェスチャー操作が可能になりつつある。Ringは指に装着するセンサーで、空中でアルファベットや数字、図形を描くことで操作を行うことを可能としている。ジェスチャーによるマウスカーソルの移動を利用したポインティングシステムとして、Remote Touch Pointing[3]の研究が進められている。Remote Touch Pointingを用いると発表者は、からだの一部を基点、操作点とし、それら2点の延長線上をポインティングすることが可能となる。Remote Touch Pointingは基点と操作点の延長線上をポインティングするため、大画面スクリーンにおいても目的の位置を容易にポインティングすることが可能である。そのため、直観的にポインティングを行うことが可能である。提案システムである仮想タッチパネル型スポットライティングのポインティングシステムにはRemote Touch Pointingを利用して実現している。図1にRemote Touch Pointingの利用例を示す。利用例では、両肩の中心を基点座標、利き手を操作点座標に設定した場合のRemote Touch Pointingの一例を示している。

仮想的なタッチスクリーンを利用したポインティングシステムの研究[9]も進められている。仮想タッチスクリーンのシステム環境を図2に示す。仮想タッチスクリーンは操作者の眉間を頂点とし、スクリーンを底面とする角錐のある位置の断面がパネルとなる。操作者は頂点である眉間と操作点である指先の延長線でポインティングする向きが決まり、指先が仮想タッチスクリーンに触れることでポインティングすることが可能となる。しかし、このシステムではセンサーとしてWebカメラを用いているためユーザーがカメラの正面に立っている場合、システムが確実に頭と手を認識することが困難なためカメラの位置をユーザーの上部にカメラを設置しなければならないとされている。また、パネル位置との関係から常に手を伸ばした状態でなければならないとされている。

Remote Touch Pointingと仮想タッチスクリーンを応用した研究として仮想タッチパネルシステム[10]の研究が進められている。この研究では大画面環境内での離れた位置からの画面に対してのインタラクションとしてユーザーがより直感的な操作を可能にすることを目的としている。図3に仮想タッチパネルシステムの利用例を示す。このシステムではポインティングシステムとしてRemote Touch Pointingを用いることによってポインティング操作を実現しており、仮想タッチパネルを用いることによってタブレット操作の2種類の操作を同時に行うことが可能である。本研究の提案システムである仮想タッチパネル型スポット

ライティングではポインティングシステムとして Remote Touch Pointing, 仮想タッチパネルシステムを利用して実現している。

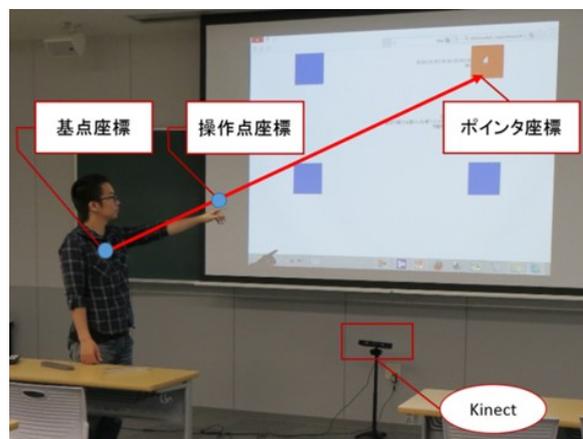


図1 Remote Touch Pointing の利用例
Figure 1 An example of remote touch pointing

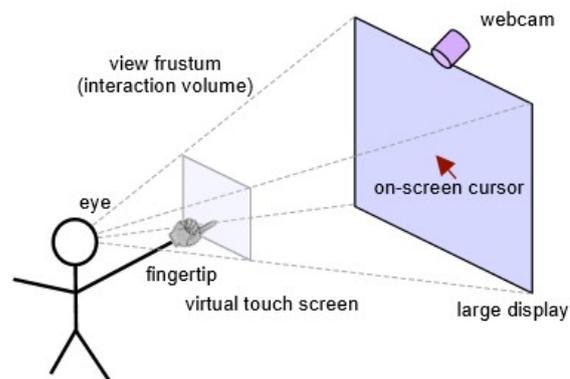


図2 仮想タッチスクリーンのシステム環境
Figure 2 Environment of virtual touch screen

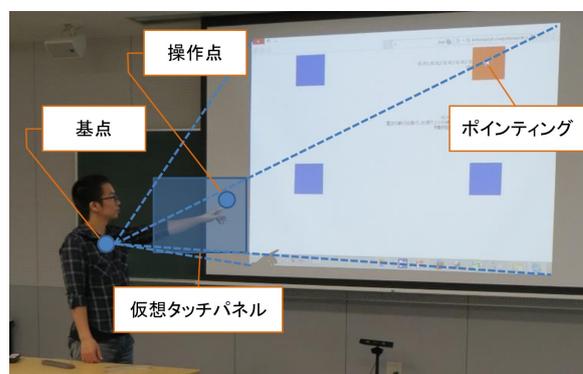


図3 仮想タッチパネルシステム利用例
Figure 3 An example virtual touch panel system

3. スポットライティング

スポットライティング[4]は複数人での認知の共有をするためにオブジェクトに焦点を当てることを目的としたポインティングシステムである。スポットライティングは指差しジェスチャーによるポインティングシステムと焦点を当てる範囲であるフォーカスエリアの操作インターフェースから構成される。指差しジェスチャーによるポインティングシステムの一部として Remote Touch Pointing を用いることで、ユーザーがポインティングする際にポインティングデバイスを用いることなく操作を行うことが可能である。そのため、直観的なポインティングを行うことを可能としている。ポインティング位置にはフォーカスエリアとして、円を表示する。

焦点を当てる範囲であるフォーカスエリアの操作インターフェースは、ポインティング機能の【移動】、フォーカスエリアの【拡大・縮小】の機能から構成される。あるオブジェクト（ポスター）に対してスポットライティングを利用してポインティングしている様子を図4に示す。ポインティング位置には外側の枠をランダムに配色された白い円がフォーカスエリアとして表示される。スクリーンの右端に表示された（+・-）ボタンをポインティングすることで、フォーカスエリアが拡大または縮小する。拡大・縮小機能を利用することで、あるオブジェクトの全体に当てた焦点からその一部に焦点を絞り込むことが可能である。これによりポインティングすることによって他人とのオブジェクトに対する認知を共有することが容易になる。

先行研究であるスポットライティングの実証実験[4]における参加者のコメントから、ポインティング位置の【移動】に加えて、ポインティング時にフォーカスエリアの位置を一時的に固定する【固定】機能が求められている。

3.1節では2016年3月のインタラクシオン2016でのデモ体験におけるインタビュー調査の結果から求められる要件を整理する。3.2節では求められる要件を満たすために開発した仮想タッチパネル型スポットライティングの機能について説明する。

3.1 求められる固定機能の要件

フォーカスエリアの固定機能の要件について調査するために固定機能付きスポットライティングを試作し、インタラクシオン2016のデモ体験でインタビュー調査を実施した。

試作システムでは手形状の差異を利用してポインティング機能【移動】と【固定】機能を検討した。固定機能付きスポットライティングでは焦点を当てる範囲であるフォーカスエリアの操作インターフェースは、ポインティング機能【移動】と【固定】機能、フォーカスエリアの【拡大・縮小】機能から構成される。

ポインティング機能の【移動】として、操作者が手を握

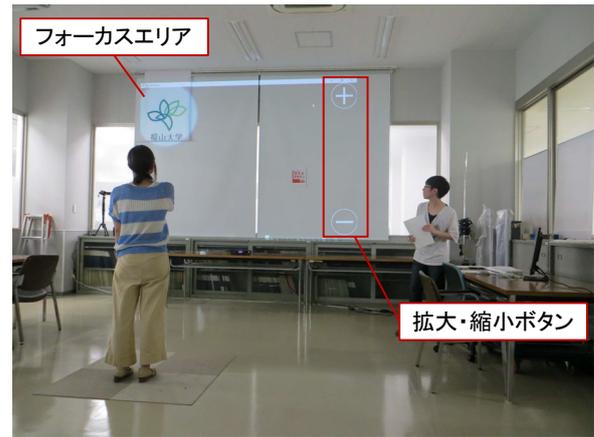


図4 スポットライティングの一例

Figure 4 Example of spotlighting.

った状態で手を動かすことでフォーカス位置の移動を操作する。また、ポインティング機能の【固定】機能として、それ以外の手の形状（手を開いた状態）でフォーカス位置が固定される。指差しジェスチャーによるポインティングシステムとして、フォーカス位置の固定を用いることによって一度オブジェクトに焦点を当てた上で、身振り手振りといったジェスチャーでコミュニケーションを行う場合に利用可能である。

2016年3月のインタラクシオン2016にて、聴講者29人が試作した固定機能付きスポットライティングを体験した。その後、スポットライティングに求められる要件についてインタビューを行った。表1にインタビュー内容とその結果について示す。

表1 インタビュー結果

Table 1 The result of interview.

Q1: ポインティングする際の手の形状についてどれが良いか	
何でもよい	20人
グー	9人
Q2 ポインティングと固定機能についての組み合わせが必要か	
手の形状何でも良い + 固定無し	10人
グーで動かす + グー以外の手の形状は固定	19人

まず、スポットライティングの手の形状における操作性についてQ1を行った。Q1はポインティング時の手の形状としてどちらが操作しやすいかを検証する項目である。結果は、「何でもよい」が29人中20人となった。次に、ポインティング時にフォーカスエリアの位置を固定する機能の必要性について確認するためにQ2を行った。結果は、「グーで動かす+グー以外の手の形状は固定」が29人中19人となった。

Q1, Q2 の結果から求められる要件を整理すると下記の2点となった。

- ・ポインティング時は手形状の指定がない方が良い
- ・ポインティング機能【移動】に【固定】機能が必要

3.2 仮想タッチパネルによる固定機能

インタビューから求められる要件に基づいて機能を検討した結果、固定機能付きスポットライティングの操作であるとグーでポインティング、その他のジェスチャーで固定となっていた。ポインティング機能【移動】・【固定】機能で手形状によるジェスチャーを使用するため操作者が手の形状を変えた際に誤動作が発生する可能性が考えられる。

本研究では、ポインティング機能【移動】を損なわない【固定】機能を実現するために手形状によるジェスチャーを使用しない仮想タッチパネルに着目し、仮想タッチパネル型スポットライティングを提案する。次に、本研究で提案する仮想タッチパネル型スポットライティングの機能について説明する。これ以降、固定機能付きスポットライティングを試作システム、仮想タッチパネル型スポットライ

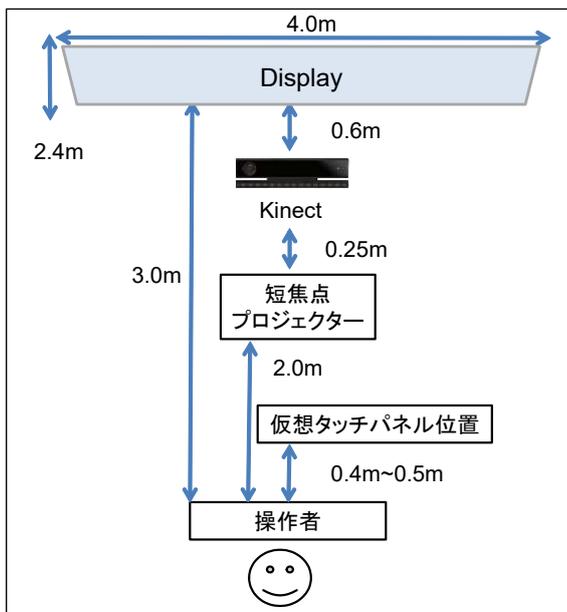


図 5 実験環境のレイアウト

Figure 5 Layout of experimental equipment

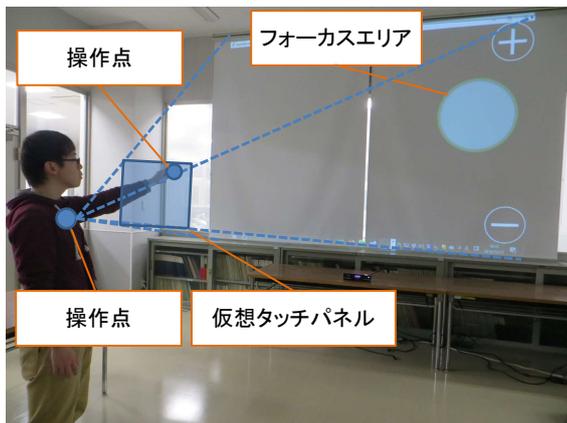


図 6 提案システムの利用例

Figure 6 Example of proposed system

ティングを提案システムとする。図 5 に提案システムの実験環境のレイアウト, 図 6 に提案システムの利用例を示す。

提案システムでは試作システムは異なり、指さしジェスチャーによるポインティングシステムとして Remote Touch Pointing と仮想タッチパネルの 2 つを用いている。焦点を当てる範囲であるフォーカスエリアの操作インターフェースは、試作システムと同様にポインティング機能【移動】・【固定】機能、フォーカスエリアの【拡大・縮小】の機能から構成される。

操作者の前方の 0.4m~0.5m の位置に設置されている仮想タッチパネルに手が触れた状態で手を動かすことでフォーカス位置の移動を操作し、仮想タッチパネルから手を離すことでフォーカス位置を固定する。またポインティングの【固定】機能は、操作者が Kinect によって認識されている間は固定が保持される。仮想タッチパネルの位置は操作者から 0cm~100cm まで自由に設定することが可能である。また、複数人で使用する場合にユーザー自身のフォーカスエリアと他のユーザーのフォーカスエリアの区別がつくように、Kinect センサーの認識範囲内に新たなユーザーが入ると自動的にフォーカスエリアの枠組みの配色がランダムで変更されるように設定した。

4. 考察

インタビューの結果からにスポットライティングに求められる固定機能の要件を整理し、提案する仮想タッチパネル型スポットライティングに適用した。提案システム利用時のユーザーとの相互作用について分析するとともに、ユーザビリティの観点から提案システムの効果について考察する。

4.1 節ではユーザーとシステムの相互作用の観点から、試作システムと提案システムの相互作用について分析し、ユーザーにとって大きな差がないことについて分析する。4.2 節ではユーザビリティの観点から試作システムと提案システムの違いについて検討し、提案システムによって向上したユーザビリティの特性について考察する。

4.1 スポットライティングの相互作用

試作システムと提案システムをユーザーとシステムの相互作用の違いの観点から分析するためにシーケンス図を用いて操作手順を可視化した。試作システムの操作手順を可視化したシーケンス図を図 7 に、提案システムの操作手順を可視化したシーケンス図を図 8 に示す。

2 つのシーケンス図を比較すると、アクターの要素に関して、試作システムでは操作者側から Display に直接返されているため「操作者」と「Display」の 2 個、提案システムのアクターの要素は「操作者」と「Display」の間に「仮想タッチパネル」というアクター要素が増えたため 3 個となった。また、Display 側の実行仕様に関して試作システムでは 3 個、提案システムでは 4 個であった。しかし、両方

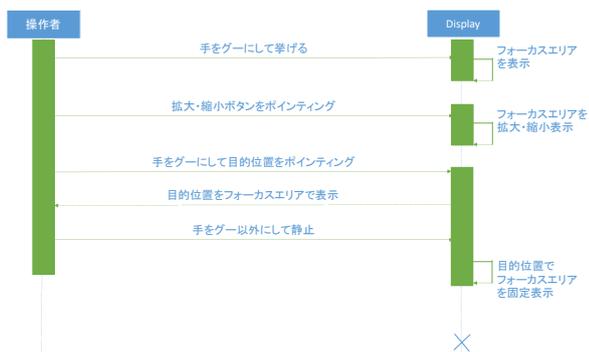


図 7 試作システムの操作手順

Figure 7 Operations of Spotlighting with fix function

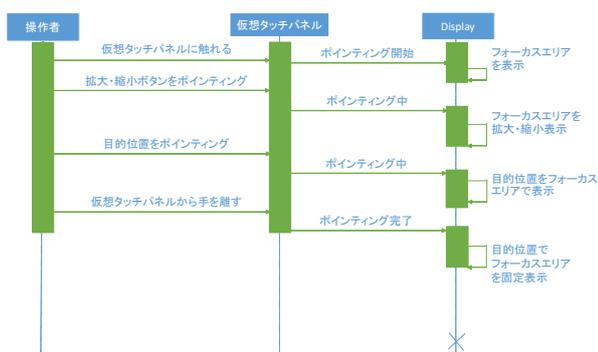


図 8 提案システム操作手順

Figure 8 Operations of Spotlighting with virtual touch panel

とも操作者側から返すメッセージに関しては4本であった。この結果から、操作手順の量は同じであるため操作者の学習量は同じである。そのため、試作システムと提案システムはユーザーにとって大きな差がないと考えられる。

4.2 ユーザビリティの特性

ユーザビリティの観点から試作システムと提案システムの違いについて検討し、提案システムによって向上したユーザビリティの特性について考察する。システムの使いやすさを評価するユーザビリティの定義として Jakob Nielsen によるユーザビリティの定義[11]を利用した。提案システムと試作システムを学習のしやすさ (Learnability)、効率性 (Efficiency)、記憶のしやすさ (Memorability)、エラー (Errors)、主観的満足度 (Satisfaction) について考察する。

学習のしやすさでは、ユーザーがそれをすぐに使い始められるよう、簡単に学習できるようにしなければならないと定義されている。試作システムでは操作手順が少なく、手を握った状態とそれ以外(手を開いた状態)の2種類の手の形状を覚えるだけで操作が可能となる。しかし、手の形状によるジェスチャーは個人差が大きいためすぐに使い始められない場合が予想される。そのため評価は低くなると考えられる。提案システムでは試作システムと同様に操作手順の量が同じなため、学習量も同じであると考えられ

る。しかし、提案システムを研究室の数名に試してもらった際には、ポインティングするために手を挙げた時にほぼ全員が仮想タッチパネルに触れていたため、最初の動作で仮想タッチパネルを認知できている人はいなかった。仮想タッチパネルから手を離すという動作でパネル位置をある程度認知できている人がほとんどだった。このため、仮想タッチパネル位置は固定の際に認知できていればよいので試作システムより学習のしやすさの評価が向上することが考えられる。

効率性では、一度学習すれば、あとは高い生産性を挙げられるよう、効率的に使用できるものでなければならないと定義されている。試作システムでは手を握った状態でのポインティング機能【移動】からそれ以外の手の形状の【固定】機能に移り変わるときにセンサーが手の形状をうまく認知できず誤動作が起きた。そのため評価は低くなることが考えられる。提案システムでは仮想タッチパネルの位置をある程度操作をすることで慣れることが予想されるが、使用しない期間が空くことによって仮想タッチパネルの位置を忘れてしまうことが考えられるため効率性の評価は試作システムと比較して同様の評価か向上することが考えられる。

記憶のしやすさは、ユーザーがしばらく使わなくても、また使うときにすぐに使えるよう覚えやすくしなければならないと定義されている。試作システムでは操作手順が少なく、手形状による簡単なジェスチャーを覚えるだけで評価は高いことが考えられる。提案システムでは試作システムと同様に操作手順は少なく、簡単な操作ではあるが、仮想タッチパネルの位置(操作者からのパネルの距離)を覚える必要があるため記憶のしやすさの評価は試作システムの評価と比較して同じか低下することが考えられる。

エラーでは、エラーの発生率を低くし、エラーが起っても回復できるようにし、かつ致命的なエラーが起ってはならないと定義されている。試作システムではポインティング機能【移動】と【固定】機能を使用する際にセンサーが度々誤作動で手の形状を上手く認知しない時があった。これは Kinect センサーが手の関節点として親指と人差し指しか認識できず、その2種類で手の形状を判断しているためであると考えられる。そのため評価は低いことが考えられる。提案システムでは試作システムに比べてポインティング機能【移動】と【固定】機能は仮想タッチパネルに触れることで操作することができるため、誤操作が少ないことが考えられる。

主観的満足度ではユーザーが個人的に満足できるよう、また好きになるよう楽しく利用できなければならないと定義されている。試作システム、提案システムともに実証実験を行っていないため評価できない。今後、博物館などで実証実験を行うことによって評価する予定である。

5. まとめ

本研究ではインタラクション 2016 におけるインタビュー結果からスポットライティングに求められる要件として、「手形状の指定がない, フォーカスエリアを固定する機能」が挙げられた. そこで, これらの要件を満たす仮想タッチパネル型スポットライティングを提案した. 提案システムは仮想タッチパネルに触れた状態で手を動かすことでフォーカスエリアが移動し, 仮想タッチパネルから手を離すことでフォーカスエリアを固定することが可能となる.

提案システム利用時のユーザーとの相互作用について分析し, ユーザビリティの観点から提案システムの効果について考察した結果, 「エラー」, 「学習のしやすさ」の特性に関して評価が高くなるが, 「記憶のしやすさ」の特性は低くなることが考えられる. 「記憶のしやすさ」や「学習しやすさ」のさらなる向上の改善として, 操作者ごとの適切なパネル位置を求めるためのキャリブレーションの検討, 使い方の説明なしに利用可能なインターフェースの提供を検討する.

スポットライティングの応用分野として, 多人数で情報共有する機会の多い教育分野や会議におけるグループウェアでの利用が挙げられる. 他にも, 舞台演出としての照明やプロジェクションマッピングに応用したエンターテインメントでの利用が期待される. 今後, 先行研究と同様に博物館での実証実験を行うことを予定している.

謝辞 本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金 (若手研究 (B) 15K16108) の助成により実施した. 厚く御礼申し上げます.

参考文献

- [1] LGTV2013 SPECIAL SITE, <http://www.lg.com/jp/lgtv/control>, (2014/12/04).
- [2] Keita,W., Yuta,M., Noboru,N., Toshiya,Y., Takashi,O.: Remote Touch Pointing for Smart TV Interaction, 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.232-235(2014).
- [3] 渡辺恵太, 中道上, 山田俊哉ほか: 大画面を利用した講義における直感的なポインティング手法の提案と評価, インタラクション 2014 論文集, pp.326-331(2014).
- [4] 中道上, 天早健太, 渡辺恵太, 山田俊哉: スポットライティング: 認知共有のためのスポットライト型ポインティングシステム, インタラクション 2016 論文集, pp.964-969(2016).
- [5] “SANWA DIRECT”. <http://direct.sanwa.co.jp/ItemPage/200-LPP019>, (参照 2016-12-26).
- [6] “KINECT for Windows”. <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>, (参照 2016-12-26).
- [7] “LEAP MOTION”. <https://www.leapmotion.com>, (参照 2015-12-10).
- [8] “Logbar”. <http://logbar.jp/ring/>, (参照 2016-12-26).
- [9] Kelvin,C., Masahiro,T.: Estimating Virtual Touchscreen for Fingertip Interaction with Large Display, Proc. 18th Australia Conf. on OZCHI'06, pp.397-400(2014).
- [10] 天早健太, 中道上, 渡辺恵太, 山田俊哉: 大画面に対する仮

想タッチパネルシステムの提案, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2016 論文集, pp.395-396(2016).

- [11] Nielsen,J. ユーザビリティエンジニアリング言論-ユーザーのためのインターフェースデザイン. 東京電機大学出版局,2002.