

テーブルトップ型ディスプレイにおける前腕を活用した インタラクション(2) – 隠蔽領域を利用した個人情報の提示

佐藤健^{†1} 李凱^{†1} 柴田史久^{†1} 木村朝子^{†1}

概要: テーブルトップ型ディスプレイは、複数のユーザで共同利用されることを想定したものも多いが、パスワードの入力などプライベートな情報を他者に見られないように提示することは難しい。一方、我々はこれまでに、テーブルトップ型ディスプレイにおいて、前腕をストレージやメニューとして活用するインタラクションを提案してきた。本研究では、ユーザの前腕によって他の作業員から隠蔽されるテーブルトップ型ディスプレイ上の領域を、個人情報の提示場所として活用する方法を提案する。

キーワード: 前腕, インタラクション, テーブルトップ型ディスプレイ, 隠蔽領域, 個人情報

An Innovative Interaction Techniques Using the Forearm on Tabletop Displays (2) -Displaying Private Information Utilizing the Hidden Space

KEN SATO^{†1} KAI RI^{†1}
FUMIHISA SHIBATA^{†1} ASAKO KIMURA^{†1}

Abstract: Tabletop displays are often used with multiple users, and it is difficult to view private information, such as entering passwords without being seen by others. On the other hand, we have proposed interaction techniques which utilize the forearm as storage and menu on tabletop displays. In this study, we propose a method which utilizes the area hidden to co-workers by the forearm to display private information.

Keywords: forearm, interaction techniques, tabletop display, hidden space, private information

1. はじめに

テーブルトップ型ディスプレイに対するインタラクション手法は、様々提案されているが、その多くは手や指によるタッチジェスチャを用いたものやペン、ノブ、ボタンのような対話デバイスを用いたものであった。これに対して、本研究グループでは、普段の卓上での作業全般に見られる前腕を卓上に置くという動作に着目し、これを積極的に活用したインタラクションを提案してきた。具体的には、前腕をストレージに利用するインタラクションなどである[18]。本稿では、前腕そのものではなく、前腕で隠されたテーブルトップ型ディスプレイ上の領域を、ユーザのプライベート領域として活用する新たなインタラクションの提案・検討を行う。なお、本稿では腕の肘から手首までの部分を前腕と呼称する。

大型のテーブルトップ型ディスプレイは、表示面の広さや上に物を置くことができるといった特徴から、数名のユーザが1台のディスプレイを囲み、議論や作業を行うといった目的に適している。しかるに、数名のユーザが同一のテーブルトップ型ディスプレイを共有する場合、卓上の全領域が共有のスペースとなるため、各ユーザがプライベート

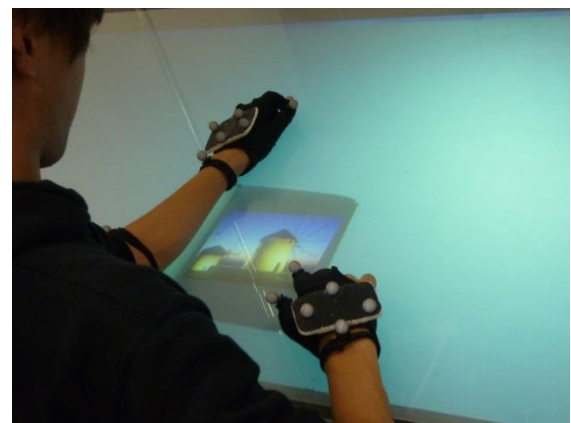


図1 前腕を活用したインタラクション
Figure 1 Example of proposed interaction
utilizing the forearm

な情報や自身の混沌としたフォルダをこっそり確認することは難しい。

そこで本研究では、テーブルトップ型ディスプレイ上に腕を置いた際に、他の作業員から見えなくなる領域をプライベートな領域として活用し、ユーザが他の作業員に見られたくない情報を扱うことを可能にする。なお、本稿では共同作業員からは見えないテーブルトップ型ディスプレイ

^{†1} 立命館大学
Ritsumeikan University

上の領域を隠蔽領域と呼称する。

本稿では、まず2章で関連研究に対する本研究の位置付けを行い、3章で前腕を活用するインタラクションの設計、想定作業、本システムの隠蔽領域での情報の提示方法について提案する。更に4章で、3章で提案したインタラクションの実装例について述べる。また、3章で述べた方法で隠蔽領域が共同作業員から見えないかどうかを確認する実験を行い、その結果について考察する。最後に本稿をまとめ、今後の展望について報告する。

2. 関連研究

テーブルトップ型ディスプレイに対するインタラクション手法としては、手や指を用いた方法と対話デバイスを用いた方法が数多く提案されてきた [1-17]。Wilson ら [2] は、実世界で行う動作でデータを操作する手法を提案している。この研究では、オブジェクトを実世界と同様の感覚で操作することができるように、卓上との接触パターンに応じた操作を実現した。また、実世界で実物に触れる感覚で情報やデータを操作することができるタンジブルな対話デバイスとして、Weiss らの SLAP Widgets [13] は、シリコンやアクリルで作成されたスライダ、ノブ、スイッチなどを卓上に置き、これらを物理的に動かすことでメニューの切り替えや値の調整操作を実現している。

それに対して著者らは、普段の卓上での作業全般に見られる前腕を卓上に置く動作に着目し、これをテーブルトップ型ディスプレイへのインタラクションとして積極的に活用する方法を提案してきた [18]。卓上での作業で前腕がどのように置かれているかを観察し、前腕をストレージとして利用したり、前腕を使って卓上のデータをかき集めたり、両腕で囲まれた範囲のデータを整列するといったインタラクションを提案した。本研究では、前腕に隠された領域をプライベートな目的に使用するという新たな観点から、前腕を活用したインタラクションを提案する。

テーブルトップ型ディスプレイという共有のスペースにおいて、個人的な情報を扱うためのインタラクションもいくつか提案されている [1][19]。Wu ら [1] は実世界における手の動作に着目し、指先や手全体を使ったジェスチャ操作を実現している。この研究の中で、Wu らは手を用いて卓上に表示している情報を隠すジェスチャを提案している。これに対して、本研究では前腕で隠れた領域にプライベートな情報を提示することで、表示領域を拡大する。

また、影を用いて個人的な情報を操作する手法も提案されている。Isogawa ら [19] は、テーブルトップ型ディスプレイの上部に設置したプロジェクタで卓上に表示している画像の補色画像を投影し、手や実物体によって影になった部分と影になっていない部分で違う情報を表示する手法を提案している。この研究では、手や実物体によって影にな

った部分に PIN コードを入力する利用例を紹介しているが、隠したい情報や操作したい情報をあらかじめ画面に表示する必要がある。本研究では、共同作業員から見えない領域を、共同作業員の位置から動的に割り出すことで、プライベートな情報を扱うことを可能とする。

これらの研究では、共同作業員に見られたくない情報に対して操作することを想定しているが、表示している情報が他者に見られていないことは保証されていない。そこで、本研究では共同作業員の位置をトラッキングすることで、作業員同士の位置関係を推定し、動的に隠れる領域を算出することで、スケジュールをこっそり確認したり作業内容を隠して操作することを実現する。

本研究では、複数人でテーブルトップ型ディスプレイを使用している際に、他者に見られたくない情報の表示が困難であること、普段の卓上作業において、卓上に前腕を置く機会が多いことの2点に着目し、腕を置くことで共同作業員から隠れた領域に情報を表示する手法を提案する。

3. 提案手法

3.1 腕による隠蔽領域の活用

本研究では、作業員が共同作業員に見えないように情報を表示・確認したいときに、卓上に前腕を置いて共同作業員から隠れた領域 (図 2) に情報を表示するシステムを提案・実現する (図 3)。前腕を置いた際に発生する隠蔽領域は、シャドウマッピング法を用いて算出する。シャドウマッピング法は、光源からシーンをレンダリングしシャドウマップを求め、視点からレンダリングしたときにその奥行き値を比較することで、ある点が影領域かどうかを判定する手法である。3次元空間において、卓上に前腕を置いた際、卓上にできる影は光源の位置からは見えない領域である。そこで、光源を共同作業員の目に見立て、卓上に前腕を置いてできた影の領域を個人的な情報の表示領域として活用することで、テーブルトップ型ディスプレイでの個人情報閲覧・操作を実現する。

3.2 想定作業

想定作業を検討するために、「普段タッチインタフェースを使用する際に、どのような情報を他人に見られたいか」、アンケートで確認した。回答者は32名である。

アンケート結果を図4に示す。結果は、パスワード入力と回答した被験者が最も多い19名であった。また、2番目に多かったのは写真の閲覧で4名であった。その他にも2名がメッセージ、1名がメールと回答した。また、6名が特に気にしていないと回答したが、それ以外の26名が何らかの情報を保護したいと考えていることが分かった。

以上の結果より、共同作業中における鍵のかかったフォルダやアカウントを用いたログイン時におけるパスワード入力、写真の閲覧といった作業を想定し、限られたスペースにおいて、それらの情報を閲覧・操作することができる

システムを目指す。

3.3 隠蔽領域に合わせた表示方法の検討

隠蔽領域の位置や大きさが変化する要因として、作業
 者自身の前腕が動いた場合と共同作業者が動いた場合
 がある。どちらの場合でも、共同作業者に見られない
 よう、隠蔽領域に表示している情報の大きさや位置を、
 隠蔽領域に合わせて変更する必要がある。この際の
 隠蔽領域内の情報表示方法として、我々は、領域に
 合わせて情報の大きさの比率を固定したまま拡大・
 縮小する方法と、情報を部分的に表示する方法の2
 つを検討する。

【比率固定表示】

隠蔽領域が変化した場合に、表示している情報の
 縦横比を固定したまま拡大・縮小したり、表示位置
 を変更したりする表示方法である(図5(a))。作業
 者が前腕を動かした場合でも、隠蔽領域の位置に
 追従して情報を提示する。この表示方法の場合、
 共同作業者が動くたびに隠蔽領域での表示内容の
 位置や大きさが変わる可能性があるため、情報を
 全表示したい場合や、サイズが変わっても閲覧に
 影響のない情報、入力を伴わない情報の提示に向
 いている。

【部分表示】

比率固定表示の場合、隠蔽領域に対して入力を行
 っている

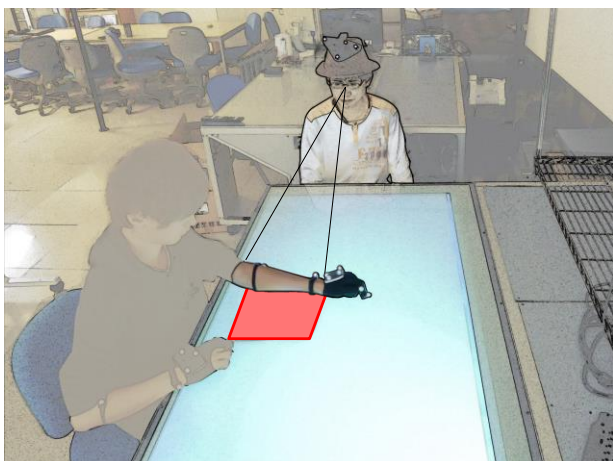


図2 共同作業から隠れた卓上の領域
 Figure 2 The hidden area from the co-worker

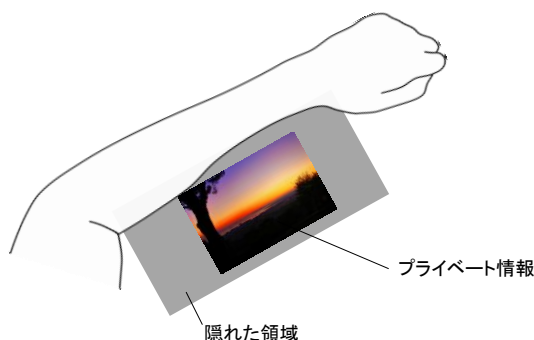


図3 前腕を活用したインタラクションの提案
 Figure 3 Proposed interaction using the forearm

る途中で拡大・縮小や表示位置の移動があると、
 入力位置が変わってしまい誤入力を招く可能性が
 高い。そこで、情報そのものの拡大・縮小、移動
 は行わず、隠蔽領域を窓と考えて隠蔽領域と重な
 った部分だけ窓枠を通して表示する(図5(b))。例
 えば、共同作業者が移動して隠蔽領域が変形して
 も、情報の提示位置は変化しないので、誤入力を
 防ぐことができる。情報の提示位置は、前腕を卓
 上に置いた瞬間の位置を基準として配置し、作業
 者の前腕が卓上に接触している間は情報の提示位
 置は変えない。例えば、入力を行っている際に隠
 蔽領域の範囲内に入っておらず、表示されていない
 部分を表示したい場合は、前腕をスライドさせる
 ことにより表示部分を変更することを可能にする。
 一方、前腕が卓上から離れ、再度卓上に接触する
 と、次に前腕が接地した位置を基準に情報を配置
 する。

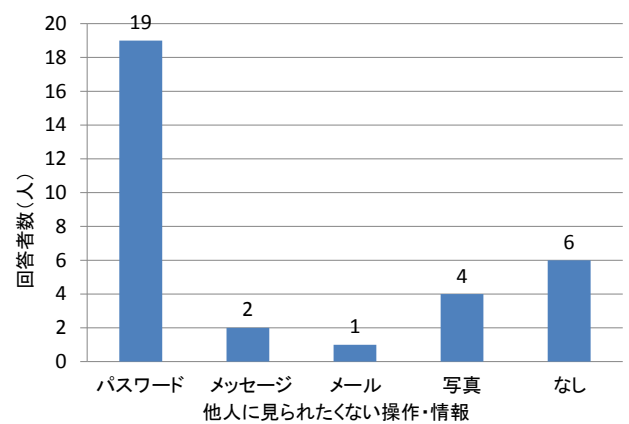
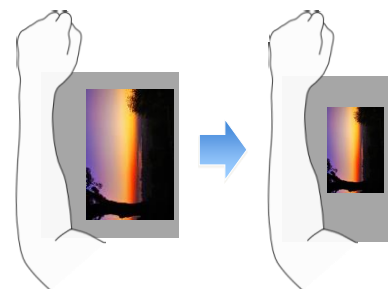
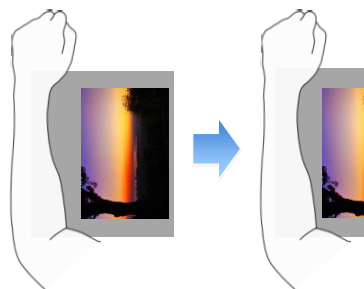


図4 アンケート結果

Figure 4 The results of the questionnaire



(a) 比率固定



(b) 部分表示

図5 検討した表示方法

Figure 5 Information display methods

4. 実装

4.1 システム構成

図6にシステム構成を示す。頭・前腕の位置検出、タッチ検出は Vicon モーションキャプチャシステムによって行う。頭・前腕・指に装着したマーカをカメラでトラッキングすることで、頭・前腕・指の位置を推定している。これにより、情報の投影位置の決定、タッチ検出を行う。Kinectなどの距離センサでも同様のシステムは実現可能である。今回はまた、卓上の表示は机に内蔵されたプロジェクタ(日立製作所製 CP-A100J)によってリアプロジェクションを行う。表示領域の大きさは1520×820 [mm]である。

4.2 シャドウマッピングによる隠蔽領域の推定

シャドウマッピングによる隠蔽領域の推定結果を図7に示す。共同作業者は頭にマーカを装着した帽子型デバイスを被り、作業者は前腕にマーカを装着している。共同作業者が、図7(a)のように座ったまま頭を動かした場合には、図7(b)のように隠蔽領域(今回は影を表示)が動的に変化する。また、作業者が前腕を動かした場合は、前腕の位置

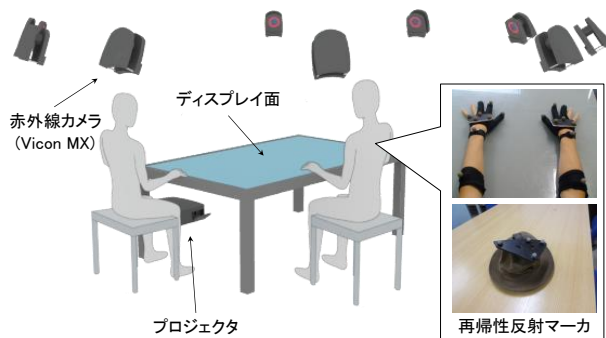
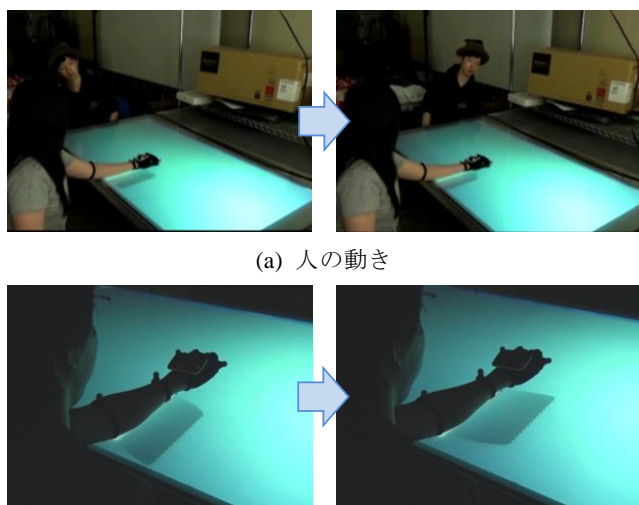


図6 システム構成
 Figure 6 System configuration



(a) 人の動き
 (b) 隠蔽領域の動き
 図7 シャドウマッピング
 Figure 7 Shadow mapping method

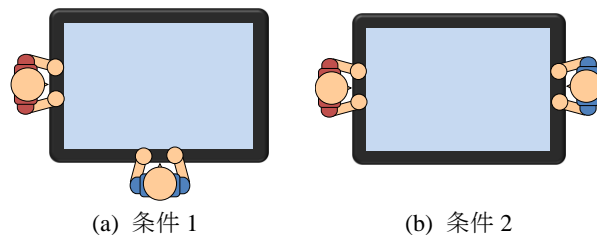


図8 被験者の座る位置
 Figure 8 The position of subjects

に応じて隠蔽領域が描画される。

4.3 確認実験

【目的】

前節にて実装したシャドウマッピング法による隠蔽領域が共同作業者からちゃんと見えていないのかを確認する実験を行う。

【内容】

実験は、各試行2名ずつ図8の位置で行う。各位置で1名(以下、作業者)は椅子に座り、テーブルトップ型ディスプレイ上に前腕を置いた状態で静止する。もう1名は(以下、観察者)、作業者が前腕を置いた際にできた隠蔽領域を目視できるか観察させる。各位置に対して、観察者は以下の3つの条件下で実験を行った。

- (a) 椅子に深く座る
- (b) 椅子に前のめりで座る
- (c) 立って自由に移動

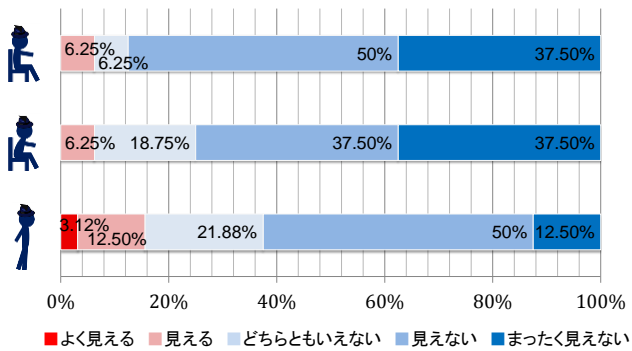
作業者は前腕を、体に垂直に置き、観察者の動きに対して前腕は動かさないように指示した。

実験後、観察者は、各条件に対してアンケート方式で隠蔽領域が「よく見える」「見える」「どちらともいえない」「見えない」「まったく見えない」の5段階評価を行う。実験はタッチインタフェースの使用経験を持つ20代の男女32名に対して行い、2人組になって、それぞれが役割を交代して実施した。

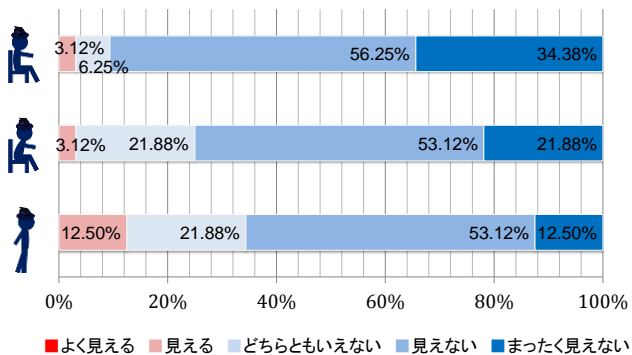
【結果】

実験結果を図9に示す。縦軸は観察者の条件を、横軸は被験者の数をパーセンテージで表している。条件1において、椅子に深く座った状態では、9割を超える被験者が「まったく見えない」「見えない」と回答した。また、椅子に前のめりで座った状態では、75%の被験者が「まったく見えない」「見えない」と回答した。一方、椅子に深く座った状態と椅子に前のめりで座った状態で6.25%の被験者が「見えた」と回答した。「見えた」と回答した被験者からは「前腕の手首側が少し見えた」との意見が得られた。これは、手首が細い被験者が前腕を置いた際に、手首側の隠蔽領域が見えてしまうことがあったためだと思われる。

一方、椅子から立ち自由に移動できる状態では、62%の被験者が「まったく見えない」「見えない」と回答し、15%



(a) 条件 1



(b) 条件 2

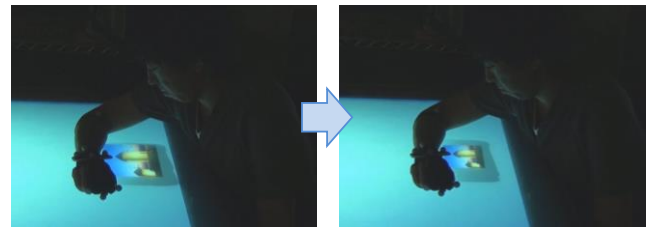
図 9 実験結果

Figure 9 Experiment result

の被験者が「見える」「よく見える」と回答した。「見える」「よく見える」と回答した被験者から「素早い動きをしたら隠蔽領域が部分的に見えた」という意見が得られた。また、素早く動いたり、ジャンプしたり、移動して覗きこむような動作をする観察者もいたため、その場合に隠蔽領域の先端が見えたとの意見も得られた。

条件 2 においても条件 1 と同様の傾向が見られた。椅子に深く座った状態では 90% の被験者が、椅子に前のめりで座った状態では 75% の被験者が「まったく見えない」「見えない」と回答した。また、どちらの状態においても約 3% の被験者が「見える」と回答し、条件 1 の配置よりも少ない結果となった。これは、被験者同士の距離が離れたため、隠蔽領域の領域が見えづらくなったためであると考えられる。また、見えた場合も条件 1 と同様で、手首の細い被験者が腕を置いた場合や頭を素早く動かした場合に手首側の隠蔽領域の部分が見えてしまう場合であった。また、立って自由に動いた場合では、65% の被験者が「まったく見えない」「見えない」と回答し、12% の被験者が「見えた」と回答した。

これらの結果から、座った状態ではほとんどの被験者が隠蔽領域を視認できないことがわかった。隠蔽領域が見えてしまったのは、作業者の手首が細い場合や観察者が素早く動いたときに、隠蔽領域の先端が見えてしまった場合で



(a) 比率固定



(b) 部分表示



(c) 部分表示で前腕を動かした場合

図 10 インタラクション例

Figure 10 Examples of interactions utilizing the forearm

あった。また、立って移動した場合においても、素早く体を動かしたり、ジャンプしたり、覗き込んだ場合に隠蔽領域の端が見えるにとどまった。

このことより、隠蔽領域いっぱいにデータを表示せず、見えてしまう可能性のある手首部分や端の部分の部分を避けてデータを表示することで対応が可能である。

4.4 インタラクション例

今回は、3.2 でのアンケート結果のうち、共同作業から隠して写真を閲覧することを想定した利用例を記載する。写真を閲覧するにあたり、前章で検討した表示方法と作業方法について実装を行った。

【比率固定表示】

卓上に前腕を置いた際に、その領域の大きさに合わせて画像が表示される。共同作業者が席を立つ、移動するといった行動により変化する隠蔽領域に合わせて、画像の大きさと表示位置が変更される。図 10 (a)では、共同作業者が席を立った際の隠蔽領域と画像の変化を表している。

【部分表示】

卓上に前腕を置いた際に、その前腕の位置に合わせて画像が表示される。また、共同作業者が席を立つ、移動するといった動きにより変化する隠蔽領域の大きさに合わせて、画像が部分的に表示される。図 10 (b)は、共同作業者が席を立ち隠蔽領域が変化した際に、画像が部分的に表示され

ている様子である。また、表示されている部分以外を表示する場合、前腕をスライドさせて表示部位を変更することが可能である(図10(c))。このような表示方法では、共同作業者の動きや前腕の動きに合わせて、表示している画像自体を移動させる必要がない。そのため、パスワード入力やメッセージ入力などキーボードを表示してタッチ入力を行っている際に、意図していない入力を防ぐことが可能である。

むすび

本稿では、従来のテーブルトップ型ディスプレイにおける複数人での共同作業の問題点から、前腕を活用したインタラクションの提案を行った。具体的には、卓上に前腕を置いた際に共同作業から見えなくなる卓上の領域(隠蔽領域)をプライベートな情報の表示に利用する。これにより、複数人でテーブルトップ型ディスプレイを利用している際、卓上の共有のスペースに、他人に見られたくない情報を扱うスペースを作りだし、そのスペースでの操作が可能となる。

本研究では、他人から見えなくなる領域をシャドウマッピング法によって算出した。そして、算出した領域が本当に見えていないのかを確認する実験を行うことで、本システムの信頼性を確認した。また、共同作業者の移動に伴い変化する隠蔽領域に合わせて、どのように情報を表示するのかについて検討し、「比率固定表示」と「部分表示」の2つの表示方法を実装した。更に、写真を閲覧する作業を想定したインタラクションを実現した。

今後の展望として、今回検討した想定作業について順次実装を行っていくことが挙げられる。

謝辞

本研究の実験を担当した Jitsupa Thonhongsra 氏に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) Wu, M., et al.: Multi-Finger and Whole Hand Gestural Interaction Techniques for Multi-User Tabletop Displays, Proc. UIST 2003, pp.193-202 (2003).
- 2) Wilson, A.D., et al.: Bringing Physics to the Surface, Proc. UIST 2008, pp.67-76 (2008).
- 3) Lopes, P., et al.: Augmenting Touch Interaction Through Acoustic Sensing, Proc. ITS 2011, pp.53-56 (2011).
- 4) Annett, M., et al.: Medusa - A Proximity-Aware Multi-touch Tabletop, Proc. UIST 2011, pp.337-346 (2011).
- 5) Banerjee, A., et al.: Pointable - an in-air pointing technique to manipulate out-of-reach targets on tabletops, Proc. ITS 2011, pp.11-20 (2011).
- 6) Banovic, N., et al.: Design of Unimanual Multi-Finger Pie Menu Interaction, Proc. ITS 2011, pp.120-129 (2011).
- 7) Hilliges, O., et al.: Interaction in the Air - Adding Further Depth to Interactive Tabletops, Proc. UIST 2009, pp.139-148 (2009).
- 8) Hinckley, K., et al.: Pen + Touch = New Tools, Proc. UIST 2010, pp.27-36 (2010).
- 9) Wobbrock, J.O., et al.: User-defined gestures for surface computing, Proc. CHI 2009, pp.1083-1092 (2009).

- 10) Yoshikawa, T., et al.: HandyWidgets - Local Widgets Pulled-out from Hands, Proc. ITS 2012, pp.197-200 (2012).
- 11) Zhang, Z., et al.: Left and right hand distinction for multi-touch tabletop interactions, Proc. IUI 2014, pp.47-56 (2014).
- 12) Weiss, M., et al.: SLAP Widgets - Bridging the Gap Between Virtual and Physical Controls on Tabletops, Proc. CHI 2009, pp.481-490 (2009).
- 13) Ben-Joseph, et al.: Urban simulation and the luminous planning table - Bridging the gap between the digital and the tangible, Journal of Planning in Education and Research, pp.195-202 (2001).
- 14) Jorda, S., et al.: The reacTable - exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces, Proc. TEI 2007, pp.139-146 (2007).
- 15) Patten, J., et al.: Sensetable - A wireless object tracking platform for tangible user interfaces, Proc. CHI 2001, pp.253-260 (2001).
- 16) Patten, J., et al.: Mechanical constraints as computational constraints in tabletop tangible interfaces, Proc. CHI 2007, pp.809-818 (2007).
- 17) Ullmer, B., et al.: The metaDESK - Models and Prototypes for Tangible User Interfaces, Proc. UIST 1997, pp.223-232 (1997).
- 18) 佐藤健他: Amazing Forearm: テーブルトップ型ディスプレイにおける前腕の活用, Proc. インタラクション 2015, PP.79-87 (2015)
- 19) M. Isogawa, et al.: Making Graphical Information Visible in Real Shadows on Interactive Tabletops, IEEE Trans. VCG, Vol.20, No.9, pp.1293 - 1302 (2014).