

ヘッドマウントディスプレイを用いた 携帯型端末画面拡張システムの提案と評価

河上 惟人^{†1,a)} 赤池 英夫^{†1} 角田 博保^{†1}

概要:近年、スマートフォンを代表とする携帯型端末の普及が急速に進んでおり、その用途の拡大やアプリケーションの多機能化に伴って従来より複雑な情報のやり取りを行うことが多くなってきている。しかし表示領域の制限により、画面の表示内容を変更するための操作が増加するなどの問題が生じる。またパスワードやメールアドレスなどの個人情報を扱う機会が増えたことで、周囲からの覗き見に対するリスクも増大している。そこで本研究ではヘッドマウントディスプレイの装着を仮定し、操作対象である携帯型端末の周辺視野に操作可能な AR オブジェクトを表示するシステムの提案及び評価を行う。これにより操作数が減少し、疲労度の軽減や作業効率の向上、コンテンツ表示方法の拡張などが期待できる。

1. はじめに

近年、スマートフォンの普及が急速に進んでおり、その使用用途はビジネス、ショッピング、エンターテインメントなど多岐に渡る。またアプリケーションの多機能化に伴い、従来より複雑な情報のやり取りを行うことが多くなってきている。しかし、携帯型端末においてはその表示領域の制限により一度に表示できる情報量が限られるため、画面の表示内容をスクロールするための操作を多く行う必要が生じたり、アプリケーションを切り替えるための操作が増加するなどの問題が生じる。また使用用途の拡大に伴い扱う個人情報が増えたことで、周囲からの覗き見に対するリスクも増大している。

そこで本研究では上記の問題を解消するために、ヘッドマウントディスプレイ（以下、HMD）の装着を仮定し、操作対象である携帯型端末の周辺に操作可能な AR オブジェクトを表示するシステムを提案する。これにより、操作数の低下による疲労度の軽減や作業効率の向上、コンテンツ表示方法の拡張が期待できる。

本稿では、提案システムの設計概要を述べ、適用が考えられるアプリケーション例について紹介し、予定している実験について報告する。

2. 関連研究

Alina らの研究 [1] では、スマートフォンの画面拡張手法としてピコプロジェクタによる投影を採用している。また単純な探索タスクなどにおけるパフォーマンスを評価しており、携帯型端末単体による操作よりも外部へのディスプレイ出力を併せた方が作業効率及び主観評価が高いことを示している。また Jessica らの研究 [2] では、ピコプロジェクタによる画面拡張に加え端末の傾きや動作を利用することで、複数ディスプレイ環境におけるタッチ操作を必要としない画面切替手法を提案している。これらの研究は携帯型端末の物理的なディスプレイ拡張を行なっている点は本研究と一致するが、周囲の環境に使用を制限される点や、投影される情報が常に周囲に公開されている点が本研究と異なる。

Ka-Ping の研究 [3] では、不可視の仮想ディスプレイ上で携帯型端末を移動させることによって端末を覗き穴のように使い、端末のディスプレイサイズよりも大きな情報を提示可能なシステムを提案している。また Patrick らの研究 [4] や Sean ら [5] の研究では、携帯型端末のディスプレイに表示しきれない領域に存在するターゲットに対し、適したナビゲート表示を提案することで操作パフォーマンスの向上を図っている。Barrett らの研究 [6] ではこれに加え、ディスプレイに表示しきれない領域に存在するターゲットに対して直接タッチ操作を可能にすることで端末周辺の空間を操作可能な領域として拡張する手法を提案しており、展望では同手法を用いた複数アプリケーションの空

^{†1} 現在、現在、電気通信大学大学院情報理工学研究所情報・通信工学専攻 Presently with Department of Communication Engineering and Informatics, Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

^{a)} kawakami@gulf.cs.uec.ac.jp

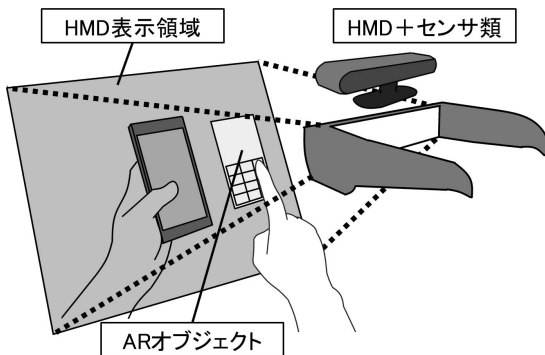


図 1 システム概要図
Fig. 1 System summary.

間的配置も示唆している。これらの研究は携帯型端末周辺の領域に着目している点は本研究と一致するが、拡張領域の情報が不可視である点が本研究と異なる。

3. 設計方針

3.1 システム概要

本研究では、携帯型端末操作者がHMDを装着している状態を仮定し、操作者が把持している端末の周辺にHMDを介した情報の提示を行うことで、端末のディスプレイを拡張する。HMD上における表示にはAR技術を利用し、単純な二次元的表示から3Dオブジェクトの表示など、様々な表現を想定する。

本システムの概要を図1に示す。操作者の視界内にある携帯型端末を追跡するため、HMDにカメラあるいはセンサを取り付けることで操作者の視界と同様の情報を取得する。また取得する情報に深度情報を含むことによって、端末周囲のARオブジェクトに対してタップなどの直接操作を可能にし、隠面処理を行うことによってオブジェクトに触れている感覚を操作者が視覚的に得ることができるようになる。

3.2 使用機器

HMDには、操作者の視界内に携帯型端末を捉えた上で、端末の周囲にARオブジェクトを十分表示可能な視野角を備えた機器を使用する。HMDに取り付けるカメラあるいはセンサは深度情報を取得可能なものとする。

操作における応答性を考慮すると本来は透過型HMDであることが好ましいが、十分な視野角の確保のため、比較的軽量の没入型HMDであるWrap1200VR*1を使用した。カメラには手元という近距離を追跡する点から、深度距離の短いPrimeSense社のCARMINE1.09*2を使用した。

4. システム仕様

携帯型端末のタッチパネルに表示される画面をメイン画

*1 <http://www.vuzix.co.jp/>

*2 <http://www.primesense.com/>



図 2 画面配置例
Fig. 2 Example of the screen layout.



図 3 センサを利用した画面の移動
Fig. 3 Movement of the screen using a sensor.

面、携帯型端末周辺に表示するARオブジェクトをサブ画面と、以降呼称するものとする。

4.1 基本仕様

携帯型端末の周辺に表示するサブ画面は、図2に示すように携帯型端末の水平面上に配置され、端末の上下方向及び左右方向に表示される。サブ画面にタッチ可能な操作が割り当てられている場合、操作者の指によって直接サブ画面に対するタッチ操作を行うことができる。

4.2 サブ画面の表示

サブ画面として表示することが元から想定されるような画面は、メイン画面のアプリケーションの状態により自動的に端末周辺に表示される。メイン画面に表示されている内容をサブ画面として端末周辺に移動したい場合、図3に示すように端末を一定方向に傾けることにより、傾けた先にスライドするような形でメイン画面の内容をサブ画面に移動することができる。



図 4 マルチタスク支援
Fig. 4 Multitasking support.

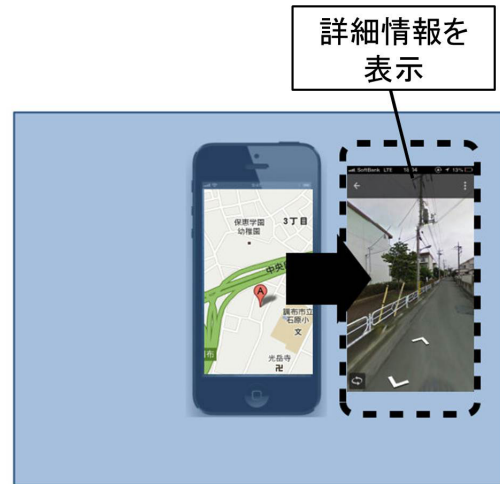


図 5 詳細・オプションの表示
Fig. 5 Display detail and option.

4.3 実装

システムはプログラミング言語 C++ によって実装を行った。サブ画面の表示及び制御には、マーカー型 AR ライブラリである ARToolkit*3 というライブラリを使用した。携帯型端末にマーカーを取付け、このマーカーを認識することによって携帯型端末の位置及びサブ画面の表示位置を取得する。また、サブ画面として表示するオブジェクトの内容は VRML 形式で記述し、端末との通信により描画する内容を変更するようにした。

また連携する携帯型端末側の実装を、現在は Android 端末上において行っている。

5. 適用例

本システムにおける主なアプリケーション利用例について紹介する。

5.1 マルチタスク支援

図 4 はメイン画面及びサブ画面に起動したアプリケーションを配置している様子である。周囲に配置されたサブ画面を見ながらメイン画面で作業を行ったり、画面の切替を即座に行えるようにすることで、作業効率の向上が期待できる。

5.2 コンテンツ拡張

図 5 は地図アプリケーションにおいて、端末上で選択されている地点のストリートビューをサブ画面として提示している例である。このようなアプリケーション内の部分的な詳細情報や設定画面といった補助画面をサブ画面に提示することで、同アプリケーション内での画面切替回数を抑え、作業効率の向上を期待することができる。

図 6 は、HMD の表示領域全体を 1 つのサブ画面とし、

*3 <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>



図 6 ディスプレイの統合
Fig. 6 Integration of display.

メイン画面の内容を拡張して 1 つの大きなディスプレイとして扱っている例である。これにより、地図や画像閲覧のような広いディスプレイに適したアプリケーションをより扱いやすくすることができると考えられる。

5.3 プライバシー保護

図 7 はパスワードの入力画面をサブ画面に提示している例である。このようなパスワードの入力や SNS における他人とのコミュニケーションなど、周囲から見られることが情報漏えいのリスクに繋がるような画面をサブ画面にのみ提示することで、操作中におけるストレスの低減が期待できる。

6. 実験・評価

本稿の執筆現在、以下の実験システムは設計・実装中であり、本節で述べる内容は予定している実験の概要である。

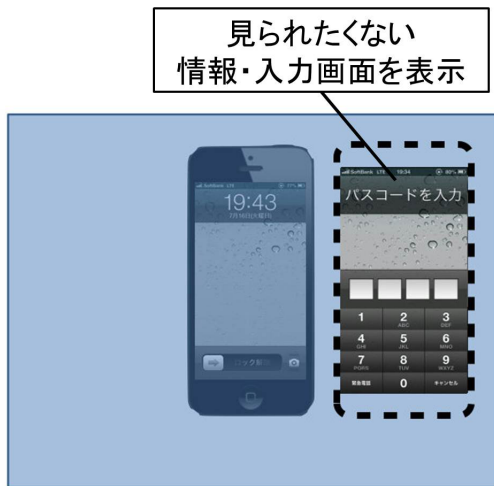


図 7 プライバシー保護
Fig. 7 Privacy protection.



図 8 操作者の視線利用
Fig. 8 Use of the line of sight.

6.1 予備調査

6.1.1 調査目的

予備実験として、携帯型端末の周辺に浮かべたサブ画面に対し、指による選択操作がどの程度の精度で可能かの調査実験を行う。これにより、サブ画面上における入力インタフェースについて適したデザインの検討を行い、実装の指針とする。

6.1.2 調査システム概要

携帯型端末の周囲に、タッチ入力可能なサブ画面を表示させる。サブ画面内には、ターゲットとなるタッチ領域をランダムな箇所に発生させる。被験者にはターゲットに対してタッチ入力を行うよう依頼し、選択にかかった時間やタッチに失敗したエラー回数などをデータとして取得する。またターゲット領域のサイズを数パターン用意し、各サイズについて実験を行うことで、最終的に十分な入力精度を確保できるターゲットサイズを調査する。

6.2 評価実験

6.2.1 実験目的

携帯型端末上で行う様々な作業において、本システムによるディスプレイ拡張を行う有用性を検証するための評価実験を行う。

6.2.2 実験概要

本システムを用いた場合の操作環境と、携帯型端末単体のみを用いた操作環境、及び既存のディスプレイ拡張手法(他携帯型端末との連携等)を用いた操作環境とで、様々な作業を被験者に行ってもらう。その際の実行にかかった時間や操作回数、誤った操作を行った回数などをデータとして取得し、比較評価を行う。

また定量的な評価の他に、併せて使いやすさ、疲れやすさといった主観評価を被験者へのアンケートにより行う。

7. おわりに

本稿では、携帯型端末のディスプレイをHMDを用いて拡張するシステム的设计概要とアプリケーションへの実装例、及びその評価方法について述べた。

現在は評価実験のためのシステムの実装を行っている。

また展望として、HMD側のセンサ情報のみだけでなく、視線情報による操作及び表示方法の拡張を行う(図8)など、本システムに適したインタラクションの拡張を目指す。

参考文献

- [1] Alina Hang., Enrico Rukzio., Andrew Greaves.: Projector phone: a study of using mobile phones with integrated projector for interaction with maps; MobileHCI 2008, Pages 207-216 (2008).
- [2] Jessica Cauchard., Markus Lochtefeld., Mike Fraser., Antonio Kruger., Sriram Subramanian.: m+pSpaces: Virtual Workspaces in the Spatially-Aware Mobile Environment; MobileHCI 2012, Pages 171-180 (2012).
- [3] Ka-Ping Yee.: Peephole Displays: Pen Interaction on Spatially Aware Handheld Computers; CHI '03, Pages 1-8 (2003).
- [4] Patrick Baudisch., Ruth Rosenholtz.: Halo: a Technique for Visualizing Off-Screen Locations; CHI '03, Pages 481-488 (2003).
- [5] Sean Gustafson., Patrick Baudisch., Carl Gutwin., Pourang Irani.: Wedge: Clutter-Free Visualization of Off-Screen Locations; CHI '08, Pages 787-796 (2008).
- [6] Barrett Ens., David Ahlstrom., Andy Cockburn., Pourang Irani.: Characterizing User Performance with Assisted Direct Off-Screen Pointing; MobileHCI 2011, Pages 485-494 (2011).