



# AR Digital Workspace: 実空間を利用した モバイル端末の作業空間の拡張

小島佑輝<sup>1)</sup>, 入山太嗣<sup>1)</sup>, 小室孝<sup>1)</sup>

1) 埼玉大学 理工学研究科 (〒 338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255)

**概要:** 本研究では、モバイル端末の表示領域の狭さを解消するために、実空間の平面上にウィンドウを重畳することで実空間上に作業空間を拡張する「AR Digital Workspace」を提案する。提案インタフェースでは、ユーザがモバイル端末を動かすことで、実空間の平面が検出され、検出された平面に複数のウィンドウを重畳表示することができる。提案インタフェースを ARCore を用いてモバイル端末に実装し、システムの有効性を検証する評価実験を行った。実験の結果、システムの有効性が示されるとともに、改善すべき点が明らかになった。

**キーワード:** AR, ユーザインタフェース, モバイル端末

## 1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレットなどのモバイル端末が普及している。これらは小型で持ち運びに便利であり、場所を選ばずに使うことができる。しかし、モバイル端末は画面サイズが小さく、表示領域が狭いため、多くの情報を一度に表示すると、視認性や可読性が損なわれるという問題がある。また、複数のアプリケーションをまたいだ情報の参照や文字情報のコピー&ペーストを行う際に、アプリケーションの切り替えが煩わしい。そのため、従来のモバイル端末では、画面のスクロールやアプリケーションの切り替えなど、多くの操作を繰り返す必要があり、マルチウィンドウでの作業には不向きである。そこで、モバイル端末の作業空間を拡張し、多くの情報を表示しながら作業ができるシステムが求められている。

モバイル端末の作業空間を拡張する方法として、ピープホールインタラクションと呼ばれるインタフェースが提案されている [1]。ピープホールインタラクションでは、作業空間の一部を端末のディスプレイを通して見ることができ、端末を動かすことで表示領域を変更し、見たい情報を素早く表示することができる。さらに、ピープホールインタラクションには空間記憶を強化する効果もあり、ユーザが情報の場所を記憶しやすくなる。

AR(Augmented Reality: 拡張現実) 技術を利用して、現実空間に仮想ディスプレイを重ね合わせ、モバイル端末の表示領域を拡張するインタフェースも提案されている [2, 3]。この方法は、実空間上に情報を重畳するため、広い実空間を作業空間として利用することができる。しかし、AR HMD を用いたものが多く、スマートフォンやタブレットのみで使用できるものはほとんどない。また、AR 技術を用いて 6 自由度のピープホールインタラクションを実現するインタフェースも提案されている [4]。通常のピープホールインタラクションでは、ユーザがデバイスを平行移動させる必要

があるが、このインタフェースでは、ユーザがパン・チルト的に表示領域を変更することができる。このインタフェースは、実空間にディスプレイを重畳表示するため、ユーザはディスプレイまでの距離を把握しやすく、物体の位置を記憶しやすい。

また、実空間の情報を取り込むことができる AR インタフェースが提案されている [5, 6]。これらのインタフェースでは、実空間の文字や映像をキャプチャしてデジタル情報に変換することで、AR 空間で利用することができる。これにより、ユーザが端末に情報を手入力する手間を省くことができる。

本研究では、モバイル端末を通して実空間上に複数のウィンドウを配置することで、AR 空間上で情報を参照しながら作業を行うことができる AR Digital Workspace を提案する。提案インタフェースは、端末を移動させることで、配置されたウィンドウを切り替えることができる。また、カメラで撮影した文字をコピーすることができるので、紙の文書から文字情報をコピーして素早く入力することができる。提案インタフェースは、作業空間を拡張することで、モバイル端末を用いた効率的な作業を可能にする。

## 2. AR Digital Workspace

### 2.1 インタフェースデザイン

提案インタフェースのコンセプトを図 1 に示す。ユーザは、モバイル端末を用いて、机のような平面上に複数のウィンドウを重畳することができる。重畳されたウィンドウは、モバイル端末のタッチパネルを使ってユーザが操作することができる。表示領域は、ピープホールインタラクションのようにモバイル端末を動かすことで変更できる。これにより、ユーザは表示領域を素早く変更することやウィンドウを簡単に切り替えることができる。また、ウィンドウが実空間上に重畳表示されるため、ウィンドウ間の距離を把握しやすく、ウィンドウの位置を覚えやすい。

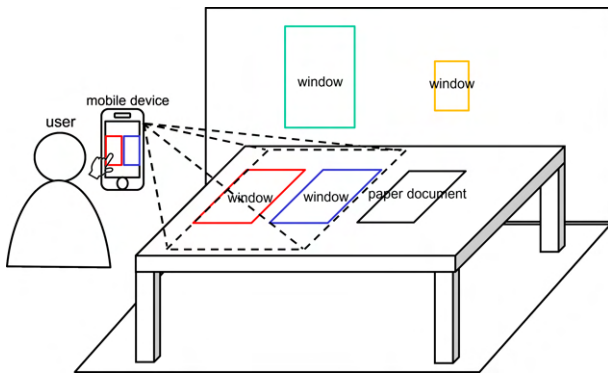


図 1: AR Digital Workspace

## 2.2 ウィンドウの配置と操作

図 2 にウィンドウの配置の方法について示す。ユーザが端末を動かすと、端末はカメラから実空間情報を取得して、平面を検出する。その後、ユーザが端末の画面上に表示された平面をタップすると、端末はタップに対応する画面上の座標を取得し、カメラから検出された平面上の位置に向けてレイを飛ばす。レイが平面にぶつかると、平面上の位置の世界座標を取得する。取得した世界座標を用いて、目標位置にウィンドウを配置することができる。ウィンドウを複数配置して、それぞれ異なるアプリケーションを実行することができる。これにより、多くの情報を同時に表示することができ、端末を動かすことでウィンドウをスムーズに切り替えることができる。

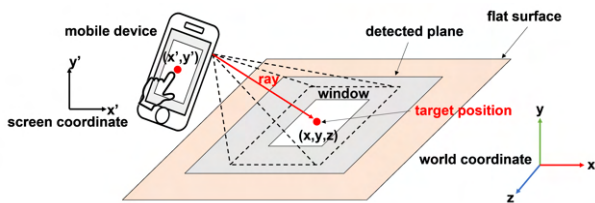


図 2: ウィンドウの配置

配置されたウィンドウのレイアウトは、端末のタッチスクリーンを使って変更することができる。図 3(a)-(c) にウィンドウのレイアウトを変更する方法を示す。ウィンドウはスワイプで移動、ピンチイン/ピンチアウトでサイズ変更、回転スワイプで回転させることができる。ユーザがタッチスクリーン上でこれらの操作を行うと、ウィンドウで対応する動作が行われる。配置されたウィンドウ上に表示されたアプリケーションを操作する場合は、画面上に表示されたウィンドウ内でタッチ操作を行う。図 3(d) に、ウィンドウ内のアプリケーションを操作する方法を示す。

## 2.3 ウィンドウ間の文字のコピー&ペースト

配置したウィンドウ上でコピーを行いたい文字列の最初の文字の位置でロングタップを行い、コピーしたい文字列の最後の文字の位置までなぞり、指を離すことでコピーを

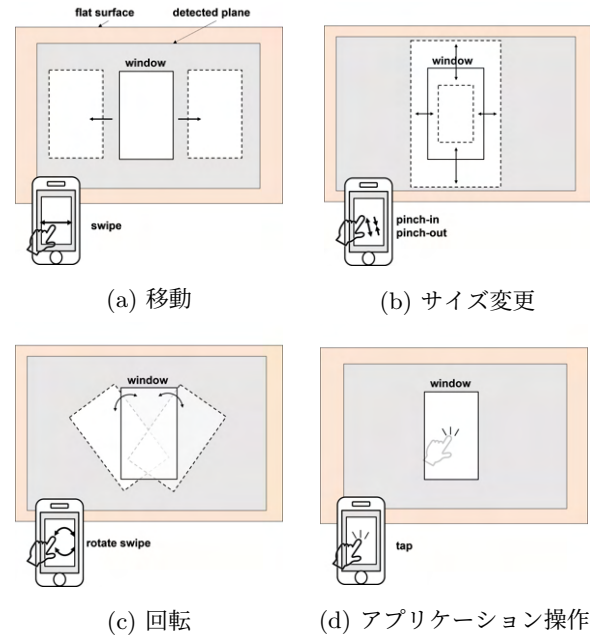


図 3: 操作方法の例

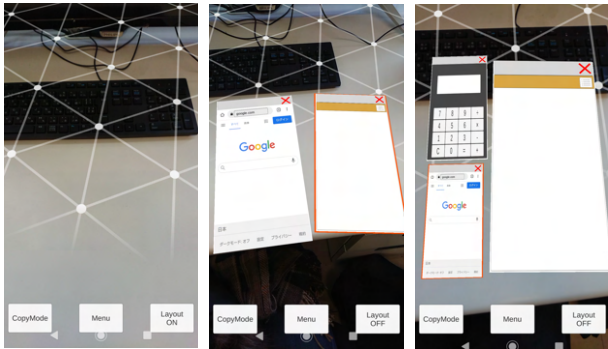
行うことができる。その後、ペーストしたい位置をロングタップすることでその場所にカーソルが表示され、ペーストボタンを押すことでカーソルの位置に文字のペーストができる。

## 2.4 実空間上の文字のコピー

提案インターフェースによって、ユーザは実空間の文字をコピーすることができる。モバイル端末上で文字認識を行うと時間がかかってしまうため、クラウド上で行える文字認識機能を利用する。画面上のボタンを押すことで、現在の画面のスクリーンショットが撮影され、その画像がクラウドに送られる。クラウド上で文字認識を行い、認識した文字と画面上での文字の座標を返す。その結果をもとにスクリーンショットした画像の上に認識した文字の仮想オブジェクトを配置する。ここからユーザはコピーしたい文字をタッチで選択することで、コピーを行うことができる。ペーストは、ウィンドウ間のコピー&ペーストと同様に行う。

## 3. 実装

本システムは、Android を搭載したスマートフォン端末に実装した。配置するウィンドウや UI の作成には、Unity を使用した。AR の機能には、Android 向けの AR フレームワークである ARCore を用いた。ARCore のバージョンは、壁面の検出ができる v2.0.0 を使用した。文字認識に使うクラウドサービスには、Google Cloud Platform が提供する機械学習サービスである Google Cloud Vision API を使用した。図 4 に、実装した機能を示す。図 5 に、ユーザがシステムを操作している様子を示す。コピー&ペーストはソフトウェアのキーボード上で行うものとなっている。



(a) 平面検出 (b) ウィンドウの配置 (c) ウィンドウのレイアウト変更



(d) 文字入力 (e) 文字のコピー&ペースト (f) 実空間の文字のコピー

図 4: 実装したシステム



(a) レイアウト変更 (b) 電卓ウィンドウの操作



(c) 文字のコピー (d) 文字のペースト



(e) 端末を離して全体を見る (f) 端末を近づけ詳細を見る

図 5: ユーザがシステムを使用している様子

4. 評価実験

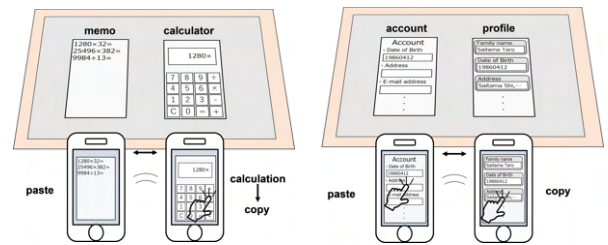
提案システムの有効性を調査するために、評価実験を行った。

4.1 参加者

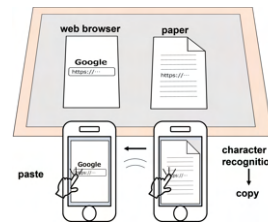
参加者は学生 14 名 (男性 10 名, 女性 4 名), 年齢は 21 ~ 24 歳であった。参加者のうち 5 人が AR の機能を過去に使用したことがあった。

4.2 タスク

被験者には、システムの有効性を検証するための 3 つのタスクを行ってもらった。1 つ目のタスクは、メモ帳のウィンドウに書かれた数式を見ながら、電卓のウィンドウで計算を行った後、結果をメモ帳にコピー&ペーストするタスクである。2 つ目のタスクは、プロフィール情報が書かれたウィンドウの文字をコピーして、アカウント作成フォームにペーストすることでアカウントを作成するタスクである。3 つ目のタスクは、紙に書かれた URL をコピーした後、Web ブラウザのウィンドウにペーストして検索するタスクである。実験で用いたタスクを図 6 に示す。



(a) タスク 1 (b) タスク 2



(c) タスク 3

図 6: 評価実験のタスク

4.3 手順

初めに、被験者に実験の概要の説明とシステムの機能の説明を行った。その後、機能に慣れるために 5 分間の練習時間を用意した。練習を行った後は、3 つのタスクをそれぞれ 1 回ずつ行ってもらった。全てのタスク終了後は、アンケートに答えてもらった。アンケートでは、提案システムのユーザビリティを調べるために、SUS[7] を用いた 10 個の質問 (Q1-Q10) を 5 段階のリッカート尺度で評価してもらった。また、システムを評価する以下の質問 (Q11-Q12) に関しても 5 段階のリッカート尺度で評価してもらった。

Q11 複数のウィンドウを切り替える煩わしさがなかった。

Q12 実空間上の文字をコピーできるのは便利だと思った。

4.4 結果

図 7 は、アンケート結果の 5 段階の評価の人数となっている。SUS の合計スコアの平均は 100 点満点中 66.25 となり、標準平均の 68[8] を下回った。Q11 の平均スコアは 4.50,

Q12の平均スコアは4.92となった。Q11に関する意見として、「複数のウィンドウを表示して、使いたいウィンドウに気軽に近づくことができ、コピー&ペーストも楽にできるのでとても良いと思った」(P4)「複数のウィンドウを同時に見ることができて便利だと感じた」(P13)があった。このことから、実空間にウィンドウを配置してモバイル端末を動かして表示領域を変更することで、ウィンドウを切り替える手間が省けたことが示された。Q12に関する意見として、「実空間の文字をコピーできるのはとても便利で実際にほしい機能だと思った」(P4)、「URLを打って検索するのがいつも面倒だったので、これが日常的に使えればよいと思った」(P5)があった。このことから、実空間上の文字をコピー&ペーストできる機能によって効率的に作業ができることが示された。SUSのスコアに関しては、「タッチの検出が鈍いと感じた時があった」(P13)、「操作の感度がもう少しよくなれば使いやすいと感じた」(P14)といった意見があった。これは、システムの機能は有効であるが、アプリケーションの操作性が悪く、ウィンドウ内のアプリケーションを上手くタッチ操作できなかったため、SUSのスコアが低くなったことを示している。「平面認識がとても難しかった」(P6)、「平面のスキャンにはコツが必要だが、複数のウィンドウを並べる機能は便利だと感じた」(P8)というような意見も、本システムの平面検出が使いにくかったことを示している。これは、より性能の高いモバイル端末を使用して平面検出の精度を上げることで改善できる。

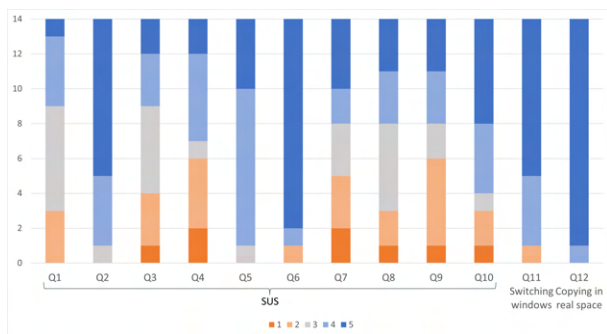


図 7: アンケート結果

#### 4.5 考察

Q11とQ12のアンケート結果より、ユーザがモバイル端末で実空間上に複数のウィンドウを置くことで、ウィンドウを切り替える煩わしさが解消され、実空間のコピー機能によって効率的に作業できたといえる。しかし、SUSのスコアから操作性に関しては課題が挙げられる。ユーザがウィンドウ上のボタンをタッチしたときに、ボタンが反応しないことがあった。これは、ユーザがウィンドウ上のコンテンツをタッチ操作したときに、ウィンドウを移動させるスワイプ操作が誤って発動してしまったことが考えられる。この課題は、ユーザがウィンドウのレイアウトを決めた後に場所や大きさを固定できるようにすることで解決できると考えられる。

今回行った評価実験では、決められた二つのウィンドウを使用したタスクしか行わなかったため、端末を動かすことによる表示領域の変更の利点を十分に活かすことができなかった。そこで、ウィンドウを頻繁に切り替えることやウィンドウの位置を記憶することが必要な複雑なタスクの評価が必要である。

#### 5. まとめ

本研究では、AR技術を使って実空間の平面上にウィンドウを複数配置することで、モバイル端末の表示領域を拡張できるAR Digital Workspaceを提案した。提案システムは、実空間上の平面を検出し、検出した平面上に複数のウィンドウを重畳表示することができる。提案システムをモバイル端末に実装し、評価実験を行った。実験の結果、本システムの有効性を示すとともに、改善すべき点を明らかにすることができた。

#### 参考文献

- [1] Jessica Cauchard, Markus Löffel, Mike Fraser, Antonio Krüger, and Sriram Subramanian. m+pspaces: virtual workspaces in the spatially-aware mobile environment. In *Proceedings of the 14th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, pp. 171–180, 2012.
- [2] Erwan Normand and Michael J McGuffin. Enlarging a smartphone with ar to create a handheld vesad (virtually extended screen-aligned display). In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pp. 123–133, 2018.
- [3] Wallace S Lages and Doug A Bowman. Walking with adaptive augmented reality workspaces: design and usage patterns. In *Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 356–366, 2019.
- [4] Masashi Miyazaki and Takashi Komuro. Ar peephole interface: Extending the workspace of a mobile device using real-space information. *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 78, p. 101489, 2021.
- [5] Pranav Mistry and Pattie Maes. Sixthsense: a wearable gestural interface. In *ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Art Gallery & Emerging Technologies: Adaptation*, pp. 85–85. 2009.
- [6] Pierre Wellner. Interacting with paper on the digitaldesk. *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 87–96, 1993.
- [7] John Brooke. Sus: a “quick and dirty” usability, 1996.
- [8] John Brooke. Sus: a retrospective. *Journal of usability studies*, Vol. 8, No. 2, pp. 29–40, 2013.