



# ARmKeypad:腕を仮想キーボード化するスマートグラス U I

則枝 真<sup>\*1\*2</sup> 仙洞田 充<sup>\*1</sup> 吉本 誠<sup>\*2</sup>

## ARmKeypad: User interface for detecting the touched human body position by using wearable devices.

Shin Norieda<sup>\*1\*2</sup>, Mitsuru Sendoda<sup>\*1</sup> and Makoto Yoshimoto<sup>\*2</sup>

**Abstract** - Recently, smart glasses have begun to be introduced for field operation worker in the hands-free. For example, in the equipment maintenance and inspection work, a system for displaying checklist with smart glasses and AR technologies has been studied. However, there is a problem that it is difficult to input work to the system because the input method of the smart glasses are not sufficiently discussed. Therefore, we have developed ARmKeypad to perform input by tapping the forearm with the virtual keyboard is displayed by using a combination of smart glasses and a smart watch. This system can input work immediately just by looking at their own arm. It is possible to tap position detection in high-speed and high-accuracy, such as wearing the real keyboard on the arm. In this paper, we will describe the detection means and the technical features of ARmKeypad.

**Keywords:** wearable, smart glasses, smart watch, AR and Human body

### 1. はじめに

近年、現場業務をハンズフリーで行なうための機器としてスマートグラスの導入が進んでいるが、スマートグラスの業務として想定しているのは「作業の確認」までである。例えば、設備保全・保守点検の業務では、スマートグラスディスプレイに点検帳票やマニュアルを AR で表示するシステムは多数提案されているが、その画面遷移や作業結果を記録として残すための入力手段はあまり考慮されていない。

もちろんスマートグラスにも標準でボタンやタッチセンサが搭載されているが、数個のボタンやタッチセンサでは入力のコマンド数が限られてしまう上、どのボタンがどの機能が分かり難く、ボタンの位置も分かり難い。スマートグラスとは別に操作用コントローラを用意するものもあるが、操作のたびにコントローラを取り出す手間があり、作業をする上でもデバイスが邪魔になる。

ハンズフリーな入力手段として、音声認識と空間ジェスチャ操作が考えられるが、音声認識はノイズ環境下での入力が困難であり、利用シーンが限定される。空間ジェスチャ操作[1]は機能を手の動きに割り当てるため、コマンドとの割り当てをユーザが覚える負担がある。また、作業のための手の動きを操作と誤検出する可能性があり、操作と作業の区別が困難である。また、触覚による操作フィードバックがないことから操作の実感が得られないことがある。

そこで、我々はユーザの前腕部を仮想キーボードとして扱える ARmKeypad を提案する。本システムではスマートグラスとスマートウォッチとの連携の新しさと、画像認識技術とにより、前腕へのタップ操作を高速・高精度に検出することが可能である。

これにより、スマートグラスでの作業結果の入力を含め、「作業の確認・作業の実施・作業結果の入力」という一連の業務をハンズフリーで実現可能になる。例えば、設備保全・保守点検の業務では、その場での点検帳票への結果登録が可能になり、従来の紙で行われていた点検の様に後での転記作業が不要になる。また、点検作業自体がハンズフリーで行なえるため、タブレットの保持・持ち替え・操作への切り替えがといった手間がなくなる。



図 1 ARmKeypad  
Fig.1 ARmKeypad

\*1: 日本電気株式会社 データサイエンス研究所

\*2: 日本電気株式会社 S I ・ サービス市場開発本部

\*1: Data Science Research Laboratories, NEC Corporation

\*2: System Integration & Services Market Development Division, NEC Corporation

## 2. ARmKeypad

ARmKeypad では、スマートグラスを介してユーザ自身の腕を見ると、腕上に仮想キーボードが重畳表示される。ユーザは、仮想キーボードがある腕上をタップすることで目的のキーを選択入力することができる。

ARmKeypad の特長は大きく 3 つある。1 つ目は「作業操作の切り替えの容易性」である。手元を見ることですぐに仮想キーボードが出現し、入力操作を開始できるため、ハードウェアコントローラのようにデバイスを取り出す手間や、デバイスを手に持つといった動作のために作業を中断することがない。また、手元を見るというアクションを基にスマートグラスの操作と作業動作とを区別できるため、空間ジェスチャ操作の様に作業動作をスマートグラスへの操作と誤検出されることで作業を中断してしまうということがない。

2 つ目は「操作を迷わない」ことである。仮想キーボードであるため、前腕上に大きなキーエリアを配置でき、更に、利用シーンに合わせてキーレイアウトを自由に変更できるため、作業目的に合わせて操作キーを限定して表示をすることで、作業者は操作を迷わない。例えば、設備保全・保守点検の業務の様に作業項目が決まっているものであれば、自動でレイアウトを変更することも可能である。また、ユーザの意図に応じた入力方法を選択する場合にはスマートウォッチへのタッチ操作による変更も可能である。

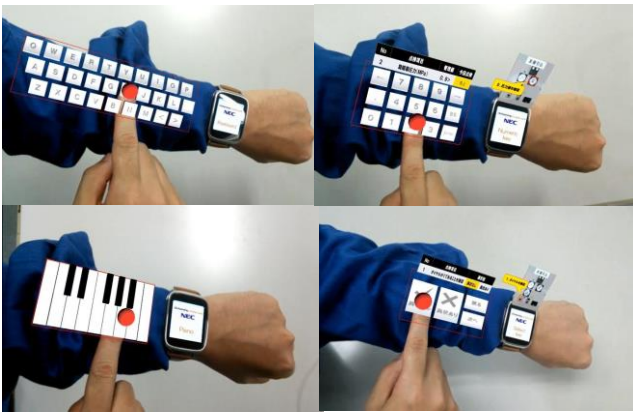


図 2 仮想キーボードのレイアウト変更  
Fig.2 Layout of the virtual keyboard

3 つ目は「操作が感覚的」なことである。ARmKeypad では、腕へのタップ入力の接触・非接触をしっかりと区別して検出できるため、タップをしたことを作業者自身が確かかつ感覚的に確認できる。空中に仮想キーボードを配置しジェスチャで入力する方法[2]に比べ、作業者がきちんと操作できたか認識しやすくなる。また、ユーザ自身の腕であることから、タップした位置を前腕の触覚として位置を確認することができる。また、体性感覚によりユーザ自身の腕の位置を把握することができるため、仮想キーボードの位置も直観的に理解しやすいという特長がある。

## 3. 関連研究

従来研究として、身体や指に接触することで操作をする Freqtric Drums[3]、指にや[4]といった研究がある。体内の通電を検出することで、ユーザ本人または複数のユーザ間の接触を識別することが可能である。しかし、基本的には接触・非接触の二値であるため、複数のコマンドを入力するためには、接触時間との組み合わせなど工夫が必要である。

身体への接触位置により入力のコマンドを変える UI として ArmKeypad[5]、Skinput[6]がある。筆者が過去に取り組んだ ArmKeypad は手首の加速度センサのみで接触位置を検出できるが、腕上 3 箇所の識別とコマンドの種類が少ない。Skinput は腕に巻きつけた複数の体内音響センサにより接触位置を細かく判別することができるが、使用前にキャリブレーションが必要である。また、これらの UI は仮想キーボードの表示を前提とした設計がなされていない。本稿で提案する ARmKeypad は AR として仮想キーボードを表示できるところに違いがある。

表示を含めた身体操作 UI 化の研究として、プロジェクタで手に入力領域を投影し、入力領域への接触をカメラで検出する PALMbit[7]、SixthSense[8]、カメラにより認識した指と仮想の入力領域とをヘッドマウントディスプレイ画面に重ね合わせて表示する、てのひらいんたあふえいす[9]がある。画像認識により身体形状を抽出することで仮想キーボードを表示する位置や操作指の動作を検出しているため検出精度に課題がある。OmniTouch[10]はデプスカメラを利用することで精度を高めているが、操作指が腕に接触しているかの判別までは検出できない。

我々は、従来研究を踏まえ、以下の 3 つの技術的特長を持った ARmKeypad を提案する。また、それぞれの技術的な特長の詳細は 4.2 節で説明する。

- 正確な仮想キーボードの表示
- 高速・高精度な指位置の検出
- 操作指の接触・非接触の検出

## 4. システム構成

本システムのハードウェアは、スマートグラスとスマートウォッチとで構成される。スマートグラスは、セイコーエプソン製の MOVERIO Pro BT-2000 や Vusix 製の M100 等、Android が搭載されたスマートグラスである。デバイス機能の内、主に表示ディスプレイとカメラ機能を利用する。スマートウォッチは、ASUS 製の ZenWatch や LG 製の G Watch 等 Android Wear が搭載されたスマートウォッチである。デバイス機能の内、主に表示ディスプレイとタッチセンサ、加速度センサを利用する。

#### 4.1 タップ操作の検出手法

本システムのソフトウェアは、Unity で構築され、タップ操作の検出処理のフローには 7 つのステップがある。

1 ステップ目では、スマートグラスのカメラによりスマートウォッチに表示された AR マーカの位置検出と機能を割り当てた ID の特定を行なう。予め登録された AR マーカの ID 毎に仮想キーボードの種類を割り当てることで、ユーザがスマートウォッチのタッチセンサによりスライド操作するたびに AR マーカの表示が変更され、ユーザは使いたい機能を選択することが可能である。

2 ステップ目では、スマートグラスのディスプレイに、カメラで取得した腕映像と仮想キーボードを重畳表示する。左腕を操作エリアとする場合には、検出された AR マーカの位置を基準に左側へ仮想キーボードを表示することで、前腕に仮想キーボードが重畳表示された状態を表現できる。3～5 ステップでは、ユーザのタップ操作のタイミングを検出する。

3 ステップ目では、ユーザのタップ操作のタイミングをスマートウォッチの加速度センサで検出する。重力をキャンセルした 3 軸の加速度データから閾値判別により、ユーザが腕をタップにより発生した振動が腕を伝達しスマートウォッチで検出される。ここでのタップ検出の有無は手の甲側から掌側への加速度が 1[g] を越えたか否かで判断をしている。

4 ステップ目では、スマートウォッチでタップ操作が検出されたことをスマートウォッチのディスプレイで変更表示する。ここでは、定常状態の場合に背景が青色で

表示されていた AR マーカをタップされたタイミングで赤色に変化させる。ここでは、0.3[s] 間のみスマートウォッチに赤色を表示する様にしている。

5 ステップ目では、スマートグラスのカメラによりスマートウォッチに表示された AR マーカの表示色の変化を検出することで、ユーザのタップ操作のタイミングをスマートグラス側で検知する。4、5 ステップは、いわゆる可視光通信による信号伝達である。

6 ステップ目では、スマートグラスのカメラによりタップ操作を行なうユーザの指位置を検出する。仮想キーボードを表示しているエリア内で肌色を抽出することで指を認識している。3～5 ステップのタップ操作のタイミング検出と、6 ステップ目の操作指が置かれている位置との組合せにより、タップ操作の位置が検出される。

7 ステップ目では、タップ操作の位置に基づいて、仮想キーボードのボタンが配置された機能を発現し、操作結果としてユーザへフィードバック表示を行なう。

#### 4.2 ARmKeypad の技術的な特長

先に示した様に ARmKeypad には 3 つの技術的な特長がある。「正確な仮想キーボードの表示」「高速・高精度な指位置の検出」「操作指の接触・非接触の検出」であり、それぞれを 4.1 節の検出手法に基づき説明する。

1 つ目の「正確な仮想キーボードの表示」は、スマートウォッチの AR マーカを基準にして仮想キーボードを腕上へ表示することにより、正確な位置への表示が実現できる。画像認識で腕そのものを認識する方法と比べ、認識のための腕サイズの考慮や、照明などの環境条件による影響が少ない。また、スマートウォッチは腕と一体となって動くため、腕の姿勢に依らず正確な仮想キーボードの表示が可能になり、まるで仮想キーボードが腕に貼り付いている様な表示が可能である。

2 つ目の「高速・高精度な指位置の認識」は、指の探索範囲を AR マーカの位置を基準とした腕上に限定することにより、カメラ画像全体から探すのと比較して高速な指位置の検出が実現できる。また、背景画像を腕や服といった均一なものにできるため、背景に映りこむものの想定が難しいジェスチャ操作と比較して、指の認識精度を高くすることが可能である。

3 つ目の「操作指の接触・非接触の検出」では、スマートウォッチの加速度センサをトリガにタップ検出をするため、本当に接触したときのみ入力として検出できる。タップ操作の寸止めや、どのキーを入力しようと悩んでいる際の誤検出といったものがない。例えば、デブスカメラを利用した識別しようとしても、指の腹面で起きている接触・非接触の判別は困難である。

また、ウォッチの検出タイミングは可視光でグラスに伝達される為、各デバイスのペアリングも不要であり、無線が使えない環境での利用を考慮している。



図 3 ソフトウェア構成  
Fig.3 Software Configuration.

## 4.3 ARmKeypad を利用したサービス例

### 4.3.1 設備保全・保守点検での利用

ARmKeypad を利用応用として設備点検業務向けシステムの例を示す。まず、スマートグラスを着用した作業者が点検対象に向かうと、該当する点検帳票データが帳票管理システムからダウンロードされる。次に、作業内容をスマートグラスにAR表示され点検作業を行なえる。点検対象物へ直接AR表示するものと、腕上に作業手順をAR表示するという2つのガイドがある。最後に、点検結果をARmKeypadで入力し、帳票管理システムへアップロードする。このような一連の設備点検作業「作業の確認・作業の実施・作業結果の入力」をARmKeypadによりハンズフリーで完結することが可能になる。ドライバなどの工具を持ちながらの作業継続が可能になり、従来の紙帳票の参照や記入、もしくはタブレットの保持・操作が不要となる。また、帳票管理システムから事前に点検帳票データをダウンロードしておくことで、ネットワーク環境が整っていない奥地やトンネルの中での作業も可能になる。



図4 設備保全・保守点検システムの構成  
Fig.4 Configuration of the maintenance system.



図5 設備保全・保守点検での動作の様子  
Fig.5 Behavior of the maintenance system.

具体的なARmKeypadの操作の様子を説明する。点検帳票データをダウンロード後の点検作業例を3つ示す。1つ目が点検チェック入力である。機器の状態を目視確認し、状態に問題なければ「異常なし」不具合があれば「異常あり」を2択でチェックを行なう。2つ目が計測値データ入力である。機器の状態を示すメータなどの値を数値入力として記録する。このように1つ目と2つ目とは作業の目的に応じ、作業結果の入力項目も異なるため、状況に合わせた入力ユーザインタフェースへ自動で変更される。ユーザは余計なボタンが表示されなくなるため、探す手間や打ち間違えといったミスが減る。3つ目は機器に傷が入っているなど状態記録をとるための写真撮影である。スマートウォッチの上に仮想的なカメラフレームが表示され、撮影のターゲットポイントがフレーム内に収まるようにして撮影ボタンをタップすることで、写真撮影ができる。これにより、点検対象機器の傷や故障箇所を記録として残すことが可能になる。

### 4.3.2 流通・物流現場での利用

ARmKeypad を利用応用として流通・物流現場での商品発注の例を示す。店員がスマートグラスを着用し商品発注に必要な詳細情報の獲得や、機能選択、商品発注に関する入力が可能になる。まず、店員が商品を見ると、ARにより各商品の情報が電子的なPOP情報として表示される。次に、1つの商品を手に取り自身の前腕部を見ると、その商品固有のロコミなどの詳細情報が閲覧でき、その商品についての発注作業が可能になる。例えば、日本語と英語の表示変換といった店員の特性に応じて、AR情報の切り替えといったことも可能である。ARmKeypadにより、商品の棚出やフェーシングといった作業をハンズフリーで並行して行うことが可能になる。本システムはバックヤード側での作業としても想定でき、商品の検品やピッキングといった業務でも同様のシステムが利用可能である。



図6 流通・物流現場での動作の様子  
Fig.6 Behavior of the distribution system.

#### 4.4 ARmKeypad を利用した業務モデル

4.3節で説明した ARmKeypad を利用したサービス例は様々なビジネスシーンにおいて共通的に発生しており標準的な業務モデルとしてとらえることができる。

まず、設備保全・保守点検シーンで示した業務を汎化して考えると、予め決められた作業項目について「作業の確認と作業結果の入力」を繰り返す定型作業ととらえることができる。同様の業務シーンには、製造ラインでの組み立て手順や、医療に置いて医師の指示に基づく応急処置といったものがある。ARmKeypad では、この定型作業を腕上へ作業手順の表示と、対象物へ AR 表示による作業ガイドと、作業結果を腕上の仮想キーボードで入力することで作業を完結させることが可能になる。ここでは本業務モデルを「作業手順支援」と定義する。

次に、流通・物流現場シーンで示した業務は、画像の被写体識別により作業対象物を決定し、その対象物の詳細情報の取得や情報書込を行なえる木構造を持った形を持っている。これは、作業者の意図に合わせた作業補助を示している。同様の業務シーンには、先に示したピッキングといった在庫管理の他にも、博物館や美術館での展示物を画像認識して、それに合わせた展示物の紹介を行なうシーンが考えられる。説明文の表示言語変換や、鑑賞者の興味のあるところを選択することで、より詳細

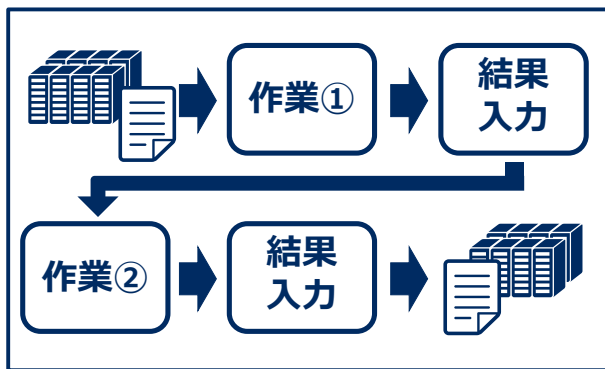


図7 作業手順支援  
Fig.7 Work navigation.

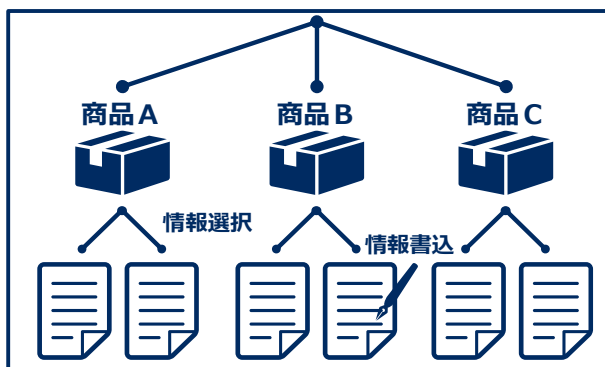


図8 実物体マニュアル操作  
Fig.8 Information manipulation of real objects.

な情報を獲得することが可能になる。また、警備におけるブラックリストやホテルにおけるVIPに代表されるホワイトリストの様に、来場者の顔画像認識と組み合わせることにより、対象者を特定してその詳細な情報を獲得できることで、作業者の記憶の補助も可能になる。

ARmKeypad では、腕上仮想キーボードによる情報選択や情報書込を行なうことが可能であり、画像認識と組み合わせることで実物体をトリガに情報操作を行なえることから、ここでは本業務モデルを「実物体マニュアル操作」と定義する。

ARmKeypad は単体ではユーザインタフェースの1ではないが、ARmKeypad を使う業務モデルを作ることによって、様々な業務シーンでの応用を描くことができてきている。

#### 5. おわりに

現場業務をハンズフリーで行なうためのスマートグラス用のユーザインタフェースとして、腕を仮想キーボード化する ARmKeypad を提案した。スマートグラスとスマートウォッチとの連携の新しさと、画像認識技術とにより、前腕への高速・高精度なタップ入力を実現した。また、ARmKeypad の設備保全・保守点検と、流通・物流現場での利用を想定したシステム構築を通して、「作業手順支援」と「実物体マニュアル操作」という ARmKeypad を利用した業務モデルを定義し、より多くの利用シーンでの応用可能性を示した。

今後は、検出精度や認識速度向上を含めた、より使いやすくするための技術開発と共に、ARmKeypad と連携できる業務モデルをより多く定義することにより、スマートグラスと ARmKeypad の実利用に向けた研究開発を促進する。例えば、先に示した2つの業務モデルは、実世界での作業に焦点を置いているが、VR の中での情報操作や、Web コンテンツの操作といった、仮想世界の作業に焦点を置く業務モデルとの連携を考えていきたい。

#### 6. 参考文献

- [1] 篠原, 平子, 岡村, 五百蔵, 田中: ウェアラブル加速度センサを用いた動作認識による周辺機器操作のアーキテクチャの提案と実証, 電子情報通信学会, コピキタス・センサネットワーク vol.110, No130, pp.97-102 (2010).
- [2] NTT DATA 社 Web サイト, スマートグラスを業務で活用するためのキーボードレス環境での文字入力を実現,

<http://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2014/101502.htm>

- [3] 馬場,牛尼,富松:Freqtric Drums:他人と触れ合う電子楽器; 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1240-1250 (2007).
- [4] 野田, 山本, 奥村, 赤堀: 指にや: 指の輪を検出する指輪; 情報処理学会 インタラクション 2009
- [5] 則枝, 三橋, 佐藤: ArmKeypad : 腕へのタップ入力による機器操作; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.13, No.4, pp.315-322 (2011).
- [6] Harrison, C., Tan, D. Morris, D.:Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface; In Proceedings of the 28th Annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. (2010).
- [7] 山本,佐藤: PALMbit: 掌への光投影を利用した身体インタフェース; 映像情報メディア学会誌, Vol.61, No.6, pp.797-804 (2007).
- [8] P. Mistry, P. Maes.: SixthSense A Wearable Gestural Interface. In the Proceedings of SIGGRAPH Asia 2009 (2009)
- [9] 佐々木,千原,他:てのひらだいやる:Wearable Computer 用入力インタフェース; 信学技法, pp.77-84 (2001)
- [10] Chris, H., Hrvoje, B., Andrew, W.,:OmniTouch: Wearable Multitouch Interaction Everywhere; UIST'11; (2011).