

# 手袋型入力デバイス Airnds-Type の開発と入力手法検討

西山 拓実<sup>1,a)</sup> 大谷 晃弘<sup>2,b)</sup> 木村 遥香<sup>3,c)</sup> 藤岡 大和<sup>4,d)</sup> 湯村 翼<sup>1,e)</sup>

**概要:** 文字入力手法のひとつに、ハンドジェスチャによる文字入力あげられる。ハンドジェスチャによる文字入力に用いられる市販のデータグローブもあるが、多機能で高価である。そこで本研究では、入力デバイスとしての機能に特化した手袋型入力デバイス Airnds-Type の開発を行った。Airnds-Type は、ユーザが手指を手のひらに接触させて文字入力を行う。ユーザが指で手のひらを触った際の通電を検知し、文字入力に用いた。Airnds-Type の2種類のプロトタイプを実装した。評価として、Airnds-Type を聴講者に明かさず使用して聴講者が気づいたかどうかを調べ、80%の聴講者が気づかなかった。プロトタイプ開発で得られた知見をもとに、次世代版の仕様を検討した。

## 1. はじめに

文字入力手法は、PC ではキーボード、スマートフォンではタッチパネルが普及する。ただし、歩行中やヘッドマウントディスプレイ装着時など、これらのインタフェースが使用できない場合がある。特に、昨今の AI エージェントの普及によって、場面によらない文字入力手法の必要性は高まる。

このような場面で活用できる文字入力手法のひとつに、手指の姿勢を利用するハンドジェスチャによる文字入力がある。ハンドジェスチャの認識には、画像認識を行う方法と、データグローブを装着する方法があり、場面によらない文字入力手法としては後者が適している。特にここ 10 年においては機械学習技術の進歩によって多様な方式の文字入力手法が提案され、Iron Will Innovation 社の The Peregrine VR Glove [1] などの製品も市販される。

ただし、データグローブはハンドトラッキングなどの機能をメインとしたものが多く、入力デバイスに特化して用いるものは少ない。また、市販品も高価であり、普及があまり進んでいない。そこで、本研究では、簡単な機構かつ少ない部品で製造可能な手袋型入力デバイス Airnds-Type を開発する。市販の手袋をベースとし、指先と手のひらに導電布を、手の甲にマイコンを縫い付けた。指先と手のひ

らの導電布は、導電糸を通じてマイコンに接続され、ユーザが指で手のひらを触った際に通電する。この機構により接触を検知し、文字入力に用いた。

本論文では、Airnds-Type のプロトタイプ実装を行い、その有効性を検証した。プロトタイプ実装は2つのバージョンを制作し、それぞれ Airnds-Type  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ , と呼ぶ。また、次世代版の  $\beta$  についての使用も検討した。それぞれの特徴を表 1 に示す。

## 2. 関連研究

### 2.1 手袋型キーボードの割り当て方式

岸と中村 [2] では、片手手袋型キーボードにおけるキー割り当て方式を提案した。この方式では、文字の入力頻度などを基に指上または指側面にそれぞれ単一のキーを配置した。優位性として、機構が単純であり実装が簡単な入力が期待できる点が挙げられる。一方、親指を動かして入力するため疲労が親指に集中するという課題がある。

### 2.2 接点短絡を用いた手形推定手法

高田ら [3] では、手袋の指ごとに異なる周波数の交流信号を流し、指部分に埋め込まれた導電繊維の接触によって発生した合成波形を解析することで接触した指の推定を行った。また、この手法では波形解析のほか曲げセンサーや導電繊維の抵抗値の変化を組み合わせて指の曲げ具合の推定が行われた。これらの値を用いて、この手法では各指同士の接触を 90%以上の精度で推定することが可能であるほか、電源的に独立したグローブ同士でも信号の伝播が発生し推定可能であることが示された。一方、データグローブは測定した値を無線通信を用いて送信し、コンピュータ

<sup>1</sup> 北海道情報大学

<sup>2</sup> 中央大学

<sup>3</sup> 共立女子大学

<sup>4</sup> 個人

<sup>a)</sup> s2521182@s.do-johodai.ac.jp

<sup>b)</sup> eiko.otani71@gmail.com

<sup>c)</sup> 24da352hk@kyoritsu-wu.ac.jp

<sup>d)</sup> gaku.m2032@gmail.com

<sup>e)</sup> yumu@yumulab.org

表 1 Airnds-Type の機能比較. キー数は、理論上の最大割り当て数.

バージョン	キー数	検出方式	適用するキー種類
$\alpha 1$	32	通電検知	母音 5 種
$\alpha 2$	32	通電検知	スライド操作キー 5 種
$\beta 1$	1024	通電検知	アルファベットまたはかな
$\beta 2$	1024	合成抵抗による識別	アルファベット

表 2 Airnds-Type  $\alpha 1$  材料一覧表

品名	個数
ATMEGA32U4 搭載 Pro Micro 互換機	1
DAISO ドライバー手袋	1
導電布	-
導電糸	-

上でその結果を推定している. そのため, 別途専用ソフトウェアとコンピュータが必要となりグローブのみでの推定ができないという課題がある.

### 2.3 キー入力のレイヤー構造

既存のキーボード入力で, 特定キーの同時押しや, 状態を持つことで, ひとつのキーに複数の役割を持たせることができる. 代表的なものには, Fn キーの同時押しがある. このような手法をレイヤー構造と呼ぶ.

PFU 社が販売する Happy Hacking Keyboard Studio[4]では, 工場出荷状態で Fn1 キー, Fn2 キーの 2 種類のファンクションキーが割り当てられ, これらを押下することで各々異なるキーマップをレイヤーごとに設定することが可能である. また, 専用のツールを用いることでこのファンクションキーとレイヤーを最大 3 つまで増やすことが可能である.

手袋型入力デバイスではキーの入力パターンが限られるため, レイヤー構造の手法を活用することで入力キーの種類を増やすことができる.

## 3. Airnds-Type $\alpha 1$

本研究の実現可能性を検証するため, 簡易的な機能に限定した試作品を制作した. これを Airnds-Type  $\alpha 1$ (以下  $\alpha 1$ ) とする.

### 3.1 ハードウェアの制作

$\alpha 1$  では, 図 1a で示すように右手の手袋の指先と手のひらに導電布を縫い付けた. そして, 手の甲に設置したマイコンへと導電糸を用いて配線した.

マイコンには, Microchip Technology 社の AT-MEGA32U4 5V/16MHz を搭載した Pro Micro 互換機を用いた.

制作に用いた材料を表 2 に示す.

ハードウェアの制作手順を以下に示す.

(1) 導電布を手のひらと指先に縫い付けることのできる大



図 1 Airnds-Type  $\alpha$ (a: 前面 b: 背面)



図 2 Airnds-Type  $\alpha$  (a: 装着イメージ b: 入力イメージ)  
入力中は内蔵 LED が点灯しインジゲーターを担う

きさへ切り出す.

- (2) 切り出した導電布をドライバー手袋へ縫い付ける,
- (3) Arduino を手の甲へ固定する.
- (4) Arduino の対応する端子と導電布をそれぞれ導電糸を用いて接続する. この際, 導電布側は縫い付けで, Arduino 側ははんだ付けで接続する.

### 3.2 ソフトウェアの制作

実際に, 入力検知の手法として今回は Arduino Pro Micro 互換機に標準搭載されている DigitalRead 機能を用いて各デジタルピンと GND との接触を判定し, キー入力とする. 以下に USB 端子接続から入力までのシステム動作を図 4 に示す.

キー入力には Arduino Pro Micro に標準搭載されている Keyboard.h ライブラリ [5] を使用する. Arduino 側のプルアップ抵抗を有効化し, DigitalRead 機能を用いて接触を検知, 指定のキャラクタを送信して内蔵の RXLED を点滅する処理を繰り返している.



図 3 α1 にて適用したキー配置  
子音のみの入力に機能を絞って実装した

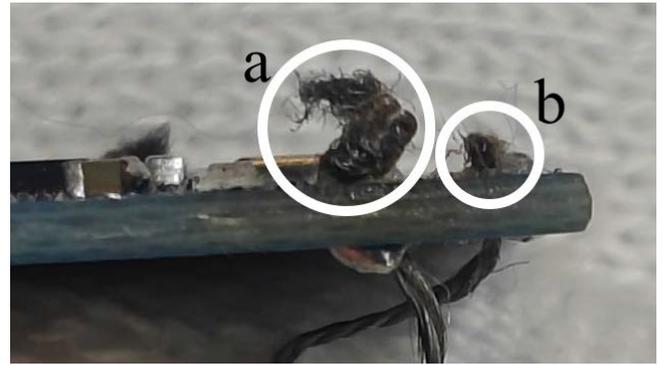


図 5 修正前後の導電糸固定手法 (a: 修正後, b: 修正前)

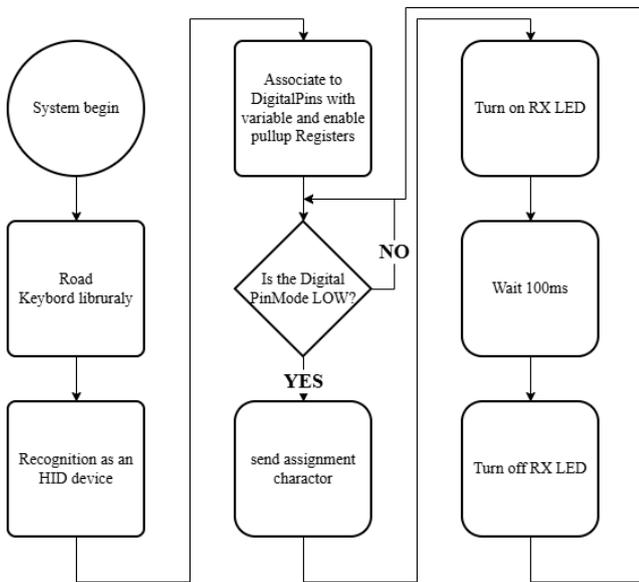


図 4 Airnds-Type のフローチャート

### 3.3 動作実証と課題

2025年10月4日に札幌で開催された技術 CAMP キャラバンにて、α1 の紹介と文字入力のデモンストレーションを実施した。デモンストレーションは、試作品を装着した状態での概要説明と 10 文字程度の文字入力をセットで実施した。1 セットあたりに要した時間は約 10 分である。これを 8 セット行った。

デモンストレーションの際に明らかになった課題を以下に示す。

- 指の動きによって接点と導電糸間固定の脱落が複数発生した。
- 導電布のほつれによって端末の急速な劣化が見られた。
- 導電糸同士の短絡により、“a”と“i”の誤検出が多発した。
- 糸と Arduino を手袋に縫い付けているため、整備性に難があり、洗濯にも対応しておらず長期間の使用が難しい。

これらの課題に対して、以下の解決案を挙げる。

- 導電糸の Arduino 側固定法を再検討する。
- 導電布の端末を折り返して縫い、ほつれの進行を防止する。
- 交差部分の刺繍時、交差しないように縫い幅を調整、交差は最大 2 回路までとする。また、難しい場合は導電糸間に刺繍糸での絶縁処理を行う。
- マイコン部分や配線を別途取り外し可能とし、最低限の基板のみを手袋上に固定する

これらの解決策は Airnds-Typeα2 の制作に取り入れる。一部は接点短絡方式での制作時に改良を行う。

## 4. Airnds-Type α2

α1 の課題を改良した Airnds-Type α2 (以下 α2) を制作した。改良の詳細について、本節で示す。

### 4.1 導電糸の Arduino 側固定法の再検討

前節の課題 a) は、伸縮性をほとんど持たない導電糸を、端子とはんだのみで接着したために発生した。これを解決するため、導電糸末端を 2 重玉結びし、物理的に固定した(図 5(a))。これにより、はんだ接着が外れた場合でも接続を維持できる。

### 4.2 導電糸の入力誤検出の改良

Airnds-Type の構造上、本来通電してはいけない 2 点が接触してしまう箇所があった。これを解決するため、接触する導電糸を刺繍糸で囲って絶縁処理を行い、誤検出を防止した。

### 4.3 動作実証と課題

動作実証として、2025年12月15日に北海道情報大学情報メディア学科の授業にて、α2 のデモンストレーションを行った。動作実証の目的は、耐久性の確認と、使用感についての再検討を行うことである。デモンストレーションでは、親指から小指にかけて順番に“Enter”, “←”, “Space”, “→”, “BackSpace”を割り当てたスライド操作キー配置を適用し 5 分程度の発表のスライド操作を行った。



図 6 スライド操作用キー配置  
簡易なプレゼンテーションに用いられる機能を実装した

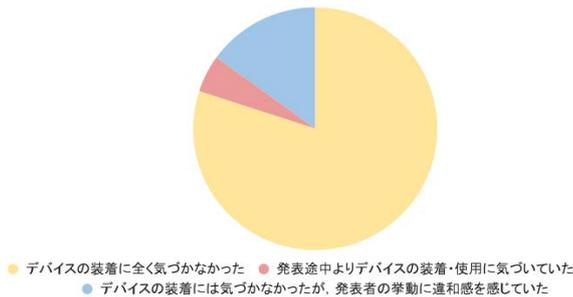


図 7 デバイス使用に伴う発表中の違和感に関するアンケート結果

動作実証では、Airnds-Type を使用していることは聴講者に明かさず、デバイスを装着した手は演台で隠した。その際に、特別な方法で操作していることに聴講者が気付くかどうかを検証した。操作終了後、聴講者へのアンケートによって確認した。以下の 4 つの選択肢を聴講者に提示し、最も近いものを選択させた。

- (1) デバイスの装着に全く気づかなかった
  - (2) デバイスの装着には気づかなかったが、発表者の挙動に違和感を感じていた
  - (3) 発表途中よりデバイスの装着・使用に気づいていた
  - (4) 発表開始時よりデバイスの装着・使用に気づいていた
- あわせて、着席位置（前から何列目に座っていたか）も収集した。

アンケートは 20 件の回答を得た。結果を図 7 に示す。20 件の回答のうち 80%にあたる 16 件の聴講者が発表中デバイスの装着に気づかず、デバイスの装着に気づいたとの回答は 1 件のみであった。「デバイスの装着には気づかなかったが、発表者の挙動に違和感を感じていた」聴講者は 1,2,3 列目にそれぞれ一人ずつであった。「発表途中よりデバイスの装着・使用に気づいていた」唯一の聴講者は 4 列目に着席していた。「発表開始時よりデバイスの装着・使用に気づいていた」聴講者はいなかった。

これらの結果より、デバイス自体が小型であり装着自体に起因する違和感はほとんど見られないといえる。また、使用に伴う客観的な違和感も比較的少ないといえる。

$\alpha 2$  の制作を通じて明らかとなった課題は以下のとおりである。

- a) 両端を完全に固定したため、親指を中心に強い突っ張り感が生じた。
- b) 導電布のほつれによって切れ端の急速な劣化が見られた。
- c) 糸と Arduino を手袋に縫い付けているため、整備性に難があり、洗濯にも対応しておらず長期間の使用が難しい。

これらの課題に対する解決案を以下に示す。

- a) 導電糸による伝達をの間に長さに余裕をもたせたケーブルを使用し差を吸収する。
- b) 導電布の末端処理を行う。
- c) マイコン部分や配線を別途取り外し可能とし、最低限の基板のみを手袋上に固定する。

## 5. Airnds-Type $\beta$

### 5.1 Airnds-Type $\beta 1$ : リストバンド型接触電極

$\alpha 1, 2$  では、接点の組み合わせは 32 通りであった。これでは、かな文字の 50 種類に満たない。これは、左手に回路を拡張することで増やすことができる。しかし、左手と右手の回路をケーブルで接続すると、ケーブルが動作を妨げ、ユーザビリティの著しい低下を招く。そこで、左手側回路との回路接続を行うため、リストバンド型の回路接点を用い、ユーザビリティと機能拡張の両立を図ることができると考えた。リストバンド型の接触電極は、手首に巻き付ける形の布地上に左手袋側接点と対応する形状の電極を設置させたものである。入力時は、手首を掴むような形で接点に触れ、回路を完成させることで入力を検出する。Airnds-Type  $\beta 1$  の入力方式として、アルファベット入力方式およびかな入力方式を検討する。

#### アルファベット入力方式の検討

$\alpha 1$  の母音のみのキー配置を拡張し、両手の複数指を用いてアルファベット全てをカバーする入力手法を検討している。アルファベットはかなよりも文字数が少なく、直接入力を用いる場合が多いため、かな文字を用いる場合に比べて簡素なコードで実装することができると想定する。

#### かな入力方式の検討

かな入力方式は、PFU 社が販売する HHKB Studio[4] など既存のキーボードで用いられるレイヤー構造を参考に検討する。具体的には、始めに左手の接点の組み合わせで子音のレイヤーを切り替え、右手では  $\alpha 1, 2$  と同様に母音の選択を行う。左右の手で母音選択と子音選択を切り替えることで、従来のローマ字入力と同様の思考順序で入力を行うことが可能である。

### 5.2 Airnds-Type $\beta 2$ : 合成抵抗を用いた接触検知

$\beta 1$  では  $\alpha 1, 2$  の基本構造を引き継ぎ、Arduino 標準機能

である DigitalRead 機能を使用し接触の有無のみで文字の入力を切り替えていた。一方、この方式では複数指の同時接触認識時に誤認識が発生しやすく、特に同時接触認識を行う指のうちどれかが単独でキー入力を担っている場合同時接触での認識で頻発するという課題が存在していた。 $\beta_2$ では $\alpha_{1,2}$ と異なり、各指の回路にそれぞれ異なる抵抗値の金属皮膜抵抗器を接続しその合成抵抗によって接触した指の組み合わせを判定する手法を構想している。

## 6. おわりに

本研究では、文字入力機能に着目した手袋型入力デバイス Airnds-Type の開発検討を行った。 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ において子音入力キー配置とスライド操作キー配置を用いて実証を行った。その結果、素材の処理に起因する課題が多数発覚した。

今後は、これらの課題を解消していくとともに、 $\beta_1$  や  $\beta_2$  などの検出方式の検討し、実際にキーボードとして運用可能な入力手法の検討を進めたい。

**謝辞** 本研究は、技育 CAMP キャラバンより開発支援金と助言によるサポートをいただきました。主催の株式会社サポーターズおよび協賛企業の方々に感謝申し上げます。デバイスの開発にあたり、神戸市立工業高等専門学校の高田峻介氏よりご助言いただいたことを感謝申し上げます。動作実証にご協力いただいた北海道情報大学の金銀珠氏ほか教員各位、1年 F4 クラスの学生の皆様に感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Iron Will Innovations Canada Inc.: Peregrine VR Glove Iron Will Innovations Canada Inc., <https://peregrineglove.com/products/peregrine-vr-glove-early-release>. 参照日: 2025-12-08.
- [2] 岸 裕介, 中村喜宏: 片手手袋型キーボードの文字割り当て方式の検討, 日本大学生産工学部第 46 回学術講演会講演概要 (2013).
- [3] 高田峻介, 志築文太郎, 高橋伸: 導電繊維編み込み手袋を用いた手形状認識手法, コンピュータ ソフトウェア, Vol. 35, No. 3, pp. 3.45–3.56 (2018).
- [4] 株式会社 PFU: Fn (機能) キーとレイヤーの種類 |Happy Hacking Keyboard Studio (日本語配列) ユーザーズガイド, [https://happyhackingkb.com/manual/studio/ug-jis/jp/ug/topic/use\\_fnkeys\\_layer.html](https://happyhackingkb.com/manual/studio/ug-jis/jp/ug/topic/use_fnkeys_layer.html). 参照日: 2025-12-07.
- [5] Arduino Documentation: Keyboard, <https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/usb/Keyboard/>. 参照日: 2025-12-09.