

タブレット端末を用いた障害を持つ企業就労者向け Web ベースデータ入力システム

野見山大史^{†1} 佐藤直人^{†1} 山元宏^{†1} 中島誠^{†1} 松原重喜^{†1} 杉本孝夫^{†2}

上肢機能に障害を持つ企業就労者で、主に PC を用いた業務に携わる人は多い。しかしながら、標準のキーボードやマウスを介した PC でのデータ入力作業は身体的負担が大きい。トラックボールのようなデバイスや手首に固定する装具の利用では、作業効率の低下や頭痛、肩こりなどの二次障害の解消が困難である。本論文では、タブレット端末を用いた、カスタマイズ可能な Web ベースのデータ入力システムを提案する。業務上利用する PC の任意のアプリケーションに対する操作を、タッチパネルを有したタブレット端末上で行え、操作のキーの配置やサイズを容易に変更できる。障害を持つ企業就労者対象とした被験者実験からその利用可能性を確認した。

A Web-based Data Input System using a Tablet-type Device for a Motor-impaired Company Employee

TAISHI NOMIYAMA^{†1} NAOTO SATO^{†1} KOU YAMAMOTO^{†1}
MAKOTO NAKASHIMA^{†1} SHIGEKI MATSUBARA^{†1} TAKAO SUGIMOTO^{†2}

This paper presents a Web-based user interface system to reduce the burden on motor-impaired company employees by using a touch-type device such as a tablet or smartphone. The system allows the employees to send any text to an application on a daily-use PC via a Web browser, and to customize the key layout to fit their needs. The usability of the system was revealed in the preliminary experiment for the motor-impaired company employees. Due to its usefulness, they expressed an interest in implementing it at their places of business.

1. はじめに

現在、日本国内の企業や公的機関には、法定雇用制度[1]に従って、一定の割合の障害者の雇用が義務付けられている。そのため障害者の雇用数は年々増加しているが、未だ法定雇用率には達していない。障害を持つ企業就労者で、主に PC を用いたキーボードでの入力作業に携わる人は多い。しかしながら、キーボードでの入力作業は障害の程度に関わらず、身体的負担が大きい。そのため、作業効率の低下や頭痛、肩こり等の二次障害の発生が問題となっている。この問題の解消が障害者の雇用拡大に繋がると期待されている。

障害を持つ企業就労者への事前のヒアリングから、キーボードを用いたデータ入力作業時の身体的負担が増加する原因として、3つのことが挙げられた。1つ目は、キーボードの標準的なキーサイズ、キーピッチは、障害者にとって小さすぎるため、正確に入力を行うことが困難である。2つ目は、キーボードは自由な位置に配置が困難なことである。キーボードのサイズに違いはあるが、設置するにはある程度の大きなスペースを必要とするため、車いすなどを利用する障害者では自身の適した位置にキーボードを置くことが難しい。3つ目は、キーボードのサイズ分だけ作業

時の手や腕の移動範囲が大きくなってしまいうことである。移動範囲が大きくなると、その分だけ手や腕の移動量が増加し、身体的負担に繋がってしまう。

本研究では、上記のような問題に対処した障害を持つ企業就労者向けデータ入力システムの設計、構築を目的としている。システムのユーザとしては手や腕など上肢の運動機能障害を持つ企業就労者を想定し、iPad などのタッチパネルを有したタブレット端末上に表示されたソフトウェアキーボードを操作することで PC 上の任意のデータ入力作業を行うことができるようにする。本システムは、指をすべらせるスライド操作ではなく、2回のタップ操作でデータ入力を行うツータップ操作を採用し、キーサイズ、キー配置のカスタマイズ機能も実現する。実験では、実際の企業就労者を対象とした試用実験を行い、ツータップ入力とカスタマイズ機能について有効性を確認した。

以下、2章では既存の障害者向けデータ入力システムの調査結果とその問題点を述べ、3章では、提案システムの要求仕様と構成を述べる。4章では提案システムを用いた被験者実験の結果を述べ、5章では、被験者実験の結果を基に、提案システムの有効性について考察する。最後に今後の展望について述べる。

2. 関連研究

これまでに、多くの障害者向けデータ入力システムが提案されている。これらのシステムを概観し、問題点を述べる。

^{†1} 大分大学
Oita University
^{†2} 株式会社リフライ
Refly Corporation

Pete[2]は、障害者支援機能を備えた多機能なソフトウェアキーボードである。マウスを用いた文字入力、スキャン方式での文字入力、いくつかのボタンのみを用いた文字入力など、複数の入力方式を利用できる。しかしながら、どの入力方式の場合でも入力効率が低下してしまう。また、カスタマイズ機能として、キー配置、キーサイズ、色などの変更を行うことが可能であるが、この変更にはシステムの定義ファイルを専用のソフトで書き換える必要があり、障害者自身がこの方法を行うことは困難である。

簡単キー[3]は、専用のハードを用いて手や腕の少ない移動量でのデータ入力を行うことができる。しかしながら、専用のハードが必要なことや、カスタマイズを行うことが不可能であるため、障害の程度への対応ができない。

上肢障害者向け入力支援における研究[4]では、上肢障害者の PC の利用調査から、「入力支援装置が高価である」や「障害の程度によって手の可動領域が異なる」等の問題を指摘し、改善案として WiiRemote を用いた安価な入力システムを提案している。ユーザは指に付けた指輪上の赤外線 LED 装置を紙に印刷されたキーボード上で点灯させ、それを WiiRemote のセンサに感知させることで、データ入力を行う。印刷されたキーボードを使用するため、ある程度のサイズの変更を行うことができるが、赤外線 LED の点灯位置からどのキーを押したかを検知するため、キーボードと WiiRemote の設置には大きなスペースを必要とし、位置も固定される。また、入力システムの使用中に、印刷されたキーボードの位置が変化すると、センサが取得していたキーボードの座標とのズレが発生し、正確な入力が行えなくなってしまう。このため、企業などでの本格的なデータ入力の業務には不向きである。

上記のデータ入力システムは、どうにかして障害者が PC の利用を行えるようにするものであり、データ入力作業を業務としている障害者を対象にしてはいない。しかしながら、スキャン方式や少ないキーでの入力のように、操作回数や操作範囲を減らす手法が、障害者にとって適していることが考えられる。

3. 提案システム

障害を持つ企業就労者からの事前のヒアリングと前章での調査結果を基に設計した、タブレット端末を用いた Web ベースデータ入力システムについて述べる。このシステムを以降 T4 (Two-tap based User Interface System using a Touch-type Device) と呼称する。

3.1 システムの要件と設計方針

提案するデータ入力システム T4 は、以下の項目を満たす必要がある。

- (1) 様々な障害の程度への対応が行えるように、キー配置、キーサイズなどのカスタマイズが可能である
- (2) 正確な操作が困難な場合であっても、データ入力を

正確に行える

- (3) 専用の機器を必要とせず、自由な位置に配置が行える
- (4) キーボードよりも狭い範囲で入力操作が行える

上記の要件を満たすための T4 の設計方針を以下に示す。項目 1 については、ソフトウェアキーボードを使用することで、キーの位置やサイズの変更を可能にする。項目 2 については、ツータップ入力という方法を使用する。この方法は 2 回のタップ操作で入力を行うため、障害により指などでのスライド操作が困難なユーザも正確な入力が期待できる。項目 3 については、タブレット端末はキーボードと比べて、小型で軽量のため、机上にある程度自由に配置することができる。項目 4 については、タブレット端末を利用することで、キーボードよりも手や腕の移動範囲を狭めることが可能である。加えて、タブレット端末は、キーボードと異なり、タッチパネルでの入力のため、キーを押すこむような力が必要とせず、障害者の操作負担はキーボードより軽減されることが考えられる。

3.2 設計

図 1 に提案する T4 のシステム構成図を示す。T4 のシステムは、大きく 2 つの機構からなる。1 つは、タブレット端末上に表示するソフトウェアキーボード機構、もう 1 つは、その機構からの入力により PC の操作を可能にする PC 制御機構である。

ソフトウェアキーボード機構では、Web サーバを介して表示するソフトウェアキーボードを生成し、その上でのデータ入力を受け付けるソフトウェアキーボード制御部と、ソフトウェアキーボード上のキーデザインを設定するデザイン設定部からなる。ここで、キーデザインは、キーの配置、色、サイズの情報からなり、障害の程度に応じてデザインを容易に変更できるよう、外部ファイル (CSV 形式) として保存する。

PC 制御機構では、Web ブラウザに表示されたソフトウェアキーボード上で行われるデータ入力の操作を PC 上の任意のアプリケーションに送る。そのために、ソフトウェアキーボード上での操作データを受信するデータ受信部と、そのデータを PC 上でのイベントとして再生し、OS に受け渡すイベント生成部からなる。イベントの再生と OS への受け渡しには、ネットワークを介してアプリケーションを共有する仕組みである CollaboTray の技術を利用する[5] [6]。OS の API を利用して、任意のイベントを OS の仲介のもと、アプリケーションに渡すことができる。

T4 利用の際は、まず、PC 上で起動した T4 に Web ブラウザを介してタブレット端末側からアクセスすると、キーの情報が記録されている CSV ファイルをデザイン設定部が読み込み、次に、読み込んだキーデータを基にソフトウェアキーボード制御部が Web ページ上に表示するソフトウェアキーボードの生成を行う。タブレット端末上で、表

示されたソフトウェアキーボードを操作すると、その操作内容が、操作データとしてソフトウェアキーボード機構を介して PC 制御機構のデータ受信部に送られ、さらに、イベント生成部に送られる。最後にイベント生成部から OS に対してイベントを発生させる要求を行い、OS は要求されたイベントを発生させる。これにより、Web ブラウザを利用できるタブレット端末ならどの端末からでも PC 上の任意のアプリケーションに対してデータ入力を行うことが可能となる。

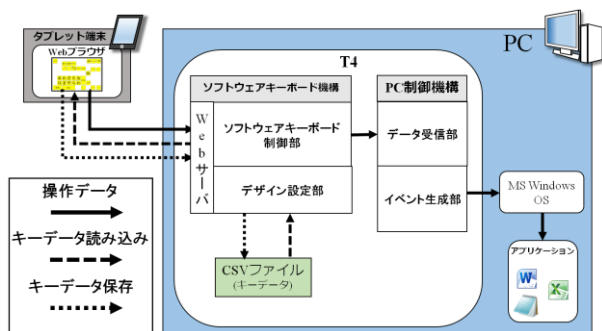


図 1 提案システムの構成図
 Figure 1 The architecture of T4.

3.3 T4 のデザインと機能

Web ページ上に表示するソフトウェアキーボードの初期デザインを図 2 に示す。タブレット端末の画面上にはすべてのキーを配置せず、かな、英字および数字のそれぞれの文字を入力するモードを切り替えるようにしてある。文字入力、図 3 に示すように文字キーをタップすると、そのキーに表記されている文字と同じ行や種類の文字キーが赤色で四方に展開される。展開された文字キーをもう一度タップすると文字入力が行われる。展開された文字キー以外をタップすると、最初に展開された文字キーが消え、最後にタップした行の文字キーが展開される。また、文字入力用のキー以外に、Ctrl キーを使ったショートカットを実行するキーや、ファンクションキー等も実装している。

カスタマイズ機能の中のキー配置変更の例を図 4 に示す。図中の左がカスタマイズを行う前、右がカスタマイズを行った後の状態である (BS (Backspace) キーを右に移動させている)。キー配置の変更は、移動させたいキーを選択し、次に、表示されるグリッド線で囲まれたマス目の中から移動させたい位置をタップすることで行う。その際、変更されたキーの位置情報を T4 のソフトウェアキーボード機構のデザイン設定部を通じて CSV ファイルに保存する。

カスタマイズ機能の中のキーサイズ変更機能の例を図 5 に示す。左がキーサイズ変更前、右はキーサイズ縮小後の状態である。キーサイズの変更は、赤色の「+」、「-」キーをタップすることで行う。サイズを変更したいキーを選択していない場合は、すべてのキーのサイズが変更され、

キーを選択していた場合は、そのキーのみサイズが変更される。キーサイズは「+」キーで拡大され、「-」キーで縮小される。ただし、キー同士が重なる場合はキーの重なりを防ぐために、キーサイズの拡大は不可能となっている。キー配置変更機能と同じように、キーサイズ変更時には対象キーのサイズ情報を T4 のソフトウェアキーボード機構のデザイン設定部を通じて CSV ファイルに保存を行う。



図 2 かな入力の画面(左), 数字入力の画面(右)
 Figure 2 Hiragana input mode (left), Number input mode(right).

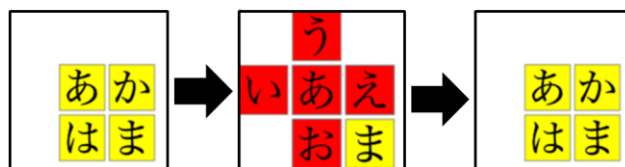


図 3 あ行での文字入力の例
 Figure 3 Two-tap based character input for 'あ(a)' column of the Japanese syllabary.



図 4 キー配置変更の例
 Figure 4 Repositioning of the soft keys.



図 5 キーサイズ変更の例
 Figure 5 Resizing of the soft keys.

マウス機能は、左クリック、右クリック、ダブルクリック、およびマウスカーソルの移動操作を行うことができる。移動操作以外は、対応するキーをタップすることで各操作を行える。マウスカーソルの移動操作は、キーが表示されていない空白部分を指でスライドすることで行われ、スライドさせた方向へマウスカーソルを移動させる。

4. 被験者実験

T4の有効性を検証するために、障害を持つ企業就労者を被験者としたデータ入力とマウス操作についての実験を実施した。また、T4の特性を調べるために、健常者を被験者とした実験も同様に行った。

4.1 被験者

企業就労者は、普段からPCでの入力作業を行っている障害者2名（以下、被験者A、Bと記す）である。被験者Aの障害の程度は、障害等級[7]で表すと身体1級で、普段のデータ入力の業務は、指は動かさず、右手にペン状のものを固定した装具を装着し、片手でキーボードを用いている。被験者Bの障害の程度は、障害等級で表すと身体1級であるが、Aよりも軽度で、普段のデータ入力の業務では、左手の人差し指、中指、薬指を使用し、キーボードを用いている。健常者の被験者は、大学の工学部に所属する大学生10名である。

4.2 実験方法

データ入力の実験については、普段使用しているシステム、T4、カスタマイズを行った後のT4（以下、CT4と呼ぶ）の3種類の入力システムをそれぞれ使用して、データ入力のタスクを行ってもらった。タスク内容は紙に印刷された文書を見ながら、同じ内容をPC上のアプリケーションに入力してもらうというものである。マウス操作の実験については、マウスとT4を併用して使用する場合と、T4のみを使用する場合の2つの条件でマウス操作のタスクを行ってもらった。タスク内容は、PCのデスクトップ上に右クリックメニューを使用して新しいフォルダを作成し、そのフォルダに名前をつけてもらうというものである。どちらの実験も各種データを計測し、全てのタスク終了後にアンケートを実施した。

データ入力のタスクに使用する文書には、被験者が実際の業務で入力する形態の数字や文章と類似したものを含むように選び、入力の難易度の異なる以下のような4種の文書を用意した：文書1（数字のみ）文書2（ひらがなのみ）、文書3（ひらがなと漢字）、文書4（ひらがな、漢字および数字）。以上の4種の文書を1セットとし、3セット用意した。タスクの実行による文書への慣れを考慮し、使用する入力システムによって、使用する文書のセットを変更した。図6に入力文書の例を示す。

4.3 実験環境

障害者は、勤務する企業のオフィスで、健常者は所属す

る大学の研究室で実験を実施した。実験ではタブレット端末には、iPadを、Webブラウザには、Google Chromeを使用し、データ入力の対象アプリケーションには、Microsoft Office Word2007を使用した。

文書1:
8159 2930 7130 0921 9603
文書2:
ますますごせいいいこととおよろこびもうしあげます
文書3:
わたしにとって大きな喜びであり誇りでもあります
文書4:
2014年10月22日にて訪問させていただきます

図 6 入力文書の例

Figure 6 Example of the input sentences.

4.4 実験評価方法

データ入力のタスクに使用した文書について、それぞれ使用する入力システムごとに、入力を間違えずに行えた場合の理想の操作回数がある。この理想の操作回数は、各入力システムを用いて文書を入力した場合の操作回数の最小値となる。理想の操作回数に対する操作回数の実測値の割合をそれぞれの入力システムで調べた。加えて、タスクの実行にかかった時間、アンケート結果を用いて評価した。マウス機能については、アンケート結果を基に評価を行った。

データ入力とマウス操作のそれぞれのタスク終了後、以下のアンケート項目に、5段階のリッカート尺度（5. 非常に同意できる, 4. 同意できる, 3. どちらともいえない, 2. 同意できない, 1. 全く同意できない）で回答してもらった。

● データ入力のタスク終了後のアンケート

Q1 操作が反映されるまでの時間は適切だった

Q2 初期のキー配置は使いやすかった

Q3 文字は入力しやすかった

Q4 カスタマイズ機能は使いやすかった

Q5 普段使っているキーボードと比べて疲労感は少なかった

● マウス操作のタスク終了後のアンケート

Q6 マウス操作の方式は使いやすかった

Q7 提案システムとマウスを併用するより、提案システムのマウス機能を使うほうが使いやすかった

アンケート回答後、自由な意見についても記述してもらった。

5. 実験結果と考察

実験結果を基に、T4の障害を持つ企業就労者向けデータ入力システムとしての有効性、マウス操作機能の有効性について考察を述べる。

5.1 企業就労者向けデータ入力システムとしての有効性

キーボード、T4、CT4を使用した場合の理想のキー操作回数に対する実際の操作回数の割合を図7に、データ入力の実行にかかった時間を図8に示す。障害者は被験者ごとの、健常者はグループの平均値を示している。

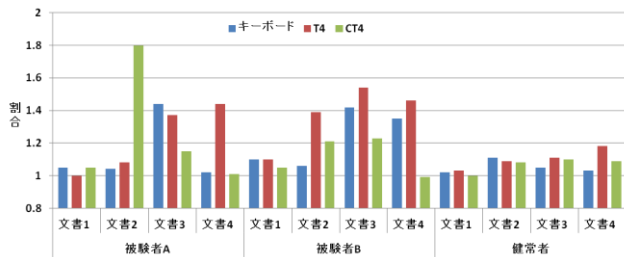


図7 キー操作回数（理想値に対する割合）

Figure 7 The ratio of the number of key touches/taps to the ideal number of touches/taps.

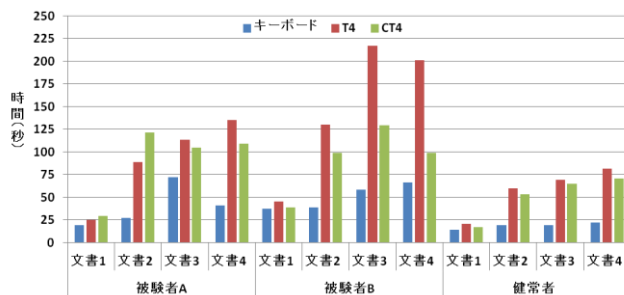


図8 タスク実行にかかった時間(秒)

Figure 8 The execution times for the tasks (sec.).

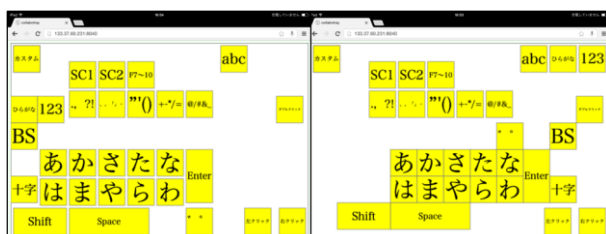


図9 被験者 A (左), B (右) のカスタマイズ後のキー配置

Figure 9 The customized key positions by the subjects A (left) and B (right).

理想の操作回数に対する実際の操作回数の割合について、被験者 A、B ともに、文書 1 については、T4 は理想の操作数と等しかった。ただし、どの入力システムの場合も割合が小さく、理想の操作数との差はほとんど見られなかった。また、文書 3 と 4 では、被験者 A、B とも CT4 での操作回数が最も小さかった。文書 2 については、被験者 A、B ともにキーボードでの操作割合が最も少なかった（被験者 A は、入力最終時点で先頭の誤りを修正したため、多くの操

作回数を必要とした）。単純にひらがなを入力する文書であるため、キーの多いキーボードが有利となったためである。

タスク実行にかかった時間は、被験者 A、B ともに、すべての文書の入力において、キーボードの場合に、最も短い時間でタスクを終了した。被験者 A、B ともに、普段はキーボードを用いていることから、その習熟度の違いが結果に反映された。T4 を用いた場合と CT4 を用いた場合を比較すると、被験者 A では、文書 3、文書 4 では、CT4 の方が短い時間でタスクを終了していた。障害の程度の重い被験者 B は、すべての文書で CT4 での操作時間が短かった。

文書 3 と 4 の入力では、これらの文書が、複数の文字種（ひらがな、漢字、数字）の混合で、入力の難易度が高いために、被験者が慎重にキーを選んでいった。しかしながら、CT4 の操作時間は T4 より短く、カスタマイズによる効果と考えられる。特に、障害の程度の重い被験者 B の操作にかかった負担が大きく減少していた。図 9 に、被験者 A と B のカスタマイズ後の T4 のキー配置を示す。被験者 A は、左利きで、そのために Enter キーなど 4 つのキーを左側に移動した。被験者 B は、操作がし易いように手元側に多くのキーを移動させた。これらは被験者自身が容易に行えた。

健常者グループは、文書 1、文書 2、文書 3 については、どのシステムを使用した場合でも理想の操作数と計測値との間に差はほとんどなく、各入力システム間に有意差は見られなかった(t 検定, $p < 0.05$)。文書 4 については、有意差は見られなかったが、キーボードの場合の割合が最も小さく、T4 の場合が最も大きかった。また、健常者のグループでは、すべての文書入力において、キーボードの場合の時間が最も短く、T4 場合の時間が最も長かった。また、T4 の場合とキーボード場合のかかった時間の間には、すべての文書の入力において有意差が見られ(t 検定, $p < 0.05$)、CT4 の場合の時間とキーボードの場合の時間の間には、文書 2、文書 3、文書 4 において同様に有意差が見られた。T4 と CT4 の場合の間には、タスク終了までの時間に有意差は見られなかった。健常者にとって、カスタマイズしたキーの数の平均は 13.2 個であったが、カスタマイズの有無は関係なく、最も習熟したキーボードが使い易かったためである。

現段階では、入力速度の点で、障害を持つ企業就労者にとって、普段使用しているキーボードと T4 が同様とは言えなかった。この原因は、普段使用しているキーボードと比較すると、T4 には慣れていないことが考えられる。T4 と CT4 の結果を比較すると、入力速度が向上し、理想の操作数に対する計測値の割合が小さくなっていったことから、カスタマイズを行うことは作業効率の向上に繋がることが確認できる。以下、アンケート結果から T4 の利用可能性について考察する。

5.2 T4 に関するアンケート結果

表 1 に、障害者と健常者のデータ入力に関するアンケート結果を示す。評価値 5、4 を肯定意見、評価値 2、1 を否

定意見とし、健常者グループでは、それらの差を有意水準5%の二項検定によって調べた。

T4の動作に関する項目Q1への回答は、障害者グループでは2名とも、また、健常者グループでも、肯定意見が有意に多く、T4の操作反映速度は、使用する上で適切であると言える。T4の初期配置に関する項目Q2への回答は、障害者の方は、肯定的な意見とどちらでもない意見に分かれ、健常者グループでも、有意差は見られなかった。

表1 T4に関するアンケート結果

Table 1 Statistics of the answer to the question about T4.

項目	肯定人数	
	障害者(2名中)	健常者(10名中)
Q1	2	9
Q2	1	6
Q3	1	7
Q4	2	5
Q5	0	1

被験者の意見として、ユーザごとの利き手、障害の程度などの違いにより初期配置が使いにくい場合があったと言える。

文字入力のしやすさに関する項目Q3の回答も、項目Q2と同様、肯定的な意見とどちらでもない意見に分かれたが、両グループで意見が異なり、健常者からはツータップ入力への戸惑いが挙げられたのに対し、障害者からはツータップ入力への期待やフリック入力を使いたいなどの肯定的な意見が挙げられた。カスタマイズ機能に関する項目Q4への回答は、健常者グループには、有意差は見られなかったが、障害者の2名はともに肯定的であった。グリッド線に沿った位置指定がし易いといった意見であった。5.2節の結果と合わせて、カスタマイズ機能は有効であると言える。しかしながら、グリッド線の間隔の調整が行えないことやキー間の距離が狭いといった意見もあり、カスタマイズ機能の改善を行っていく必要がある。

作業時の疲労感に関する項目Q5への回答は、障害者では、否定的な意見とどちらともいえない意見に分かれた。しかしながら、いずれの被験者も、キーボードと同程度の疲労感であったことや、システムに慣れれば楽になるといった今後の利用への期待が挙げられた。より長期的な期間を通じてT4に慣れてもらえれば、身体的負担を軽減するデータ入力システムとなることが期待できる。健常者グループでは、有意差は見られなかったが、否定意見が多く、習熟度が大きく影響することが分かる。

5.3 マウス操作機能の有効性

障害者と健常者のマウス機能についてのアンケート結果を基に、その有効性について考察する。評価の仕方は、5.2

節と同様とした。

マウス機能に関する項目Q6への回答では、障害者については、否定的な意見とどちらでもない意見のみであった。健常者グループについては、有意差は見られなかった。マウスと入力システムの遷移に関する項目Q7への回答では、障害者は、肯定意見と否定意見に分かれた。健常者グループでは、有意差は見られず、否定的な意見が多かった。この理由として、マウス機能の精度が低いことが挙げられたが、マウスとタブレット端末間の遷移が無い方が、身体的負担が少なかったという意見を述べた被験者もいた。

マウス機能に関するアンケート結果から、デバイス間の遷移をなくすることが身体的負担の軽減に繋がると考えられる。今後、マウス操作の精度や使いやすさの向上を目指した改良と、スライド操作以外の手法の検討をしていく必要がある。

6. おわりに

本論文では、障害を持つ企業就労者のデータ入力作業時の作業効率の向上と身体的負担の軽減を目的とする障害者向けデータ入力システムの設計、構築を行った。構築したT4の有効性を検証するために、被験者実験を実施した。実験結果から、T4は、操作に慣れると障害者にとって有用なシステムになりうることで、位置変更機能は、グリッド線により、ある程度の制限を加えることで、ユーザ自身によって行われるカスタマイズの操作を手助けすることが可能であり、入力精度の向上からカスタマイズ機能の有効性が確認できた。今後は、被験者からの意見をもとに、カスタマイズ機能やマウス機能の改善を行い、より長期的な期間での試用を通じて、T4の有効性の調査と改良を進めていく。

謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費 25330236 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 厚生労働省 “障害者雇用率制度”
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/koyou/shougaisha/04.html>
- 2) イデア・フロント株式会社 “Pete”
<http://www.ideafront.jp/PeteHP/index.html>
- 3) 有限会社デジタル技研 “簡単キー”
http://www.d-tech.jp/n_kkbox30.html
- 4) 久楽忠昭, 大西克実, 中野秀男, 上肢障がい者向け入力支援における研究, Journal of Informatics, vol. 8, no. 1, pp. 1-15, 2011.
- 5) T. Mori, et al., “SpACCE: A Sophisticated Ad Hoc Cloud Computing Environment Built by Server Migration to Facilitate Distributed Collaboration,” *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, vol. 2, no. 4, pp. 230-239, 2012.
- 6) Abe, Y. et al.: Tolerant sharing of a single-user application among multiple users in collaborative work, Companion Proc. CSCW2010, ACM Press, pp. 555-556 (2010).
- 7) 厚生労働省 “障害等級表”
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/rousaihoken03/>