

令和元年6月25日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00270

研究課題名(和文) 状況によって誘発される機能障害時に有効な文字入力手法

研究課題名(英文) A mobile text entry method for situationally-induced impairments and disabilities

研究代表者

郷 健太郎 (GO, Kentaro)

山梨大学・大学院総合研究部・教授

研究者番号：50282009

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：文字入力は現在のコンピュータ利用において基本的なインタラクションのひとつであるが、スマートウォッチのような、日常生活の場で用いられる小型の携帯端末では困難である。本研究では、状況によって機能が制限されているときに効果を発揮する入力手法を開発した。特に、円形スマートウォッチを対象にして、a. 小型タッチスクリーンを対象とし、b. 視認できない状況で片手入力操作を行いつつ、c. 周囲の人々から見て自然な行為での入力を実現することでできた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンやスマートウォッチのような小型の携帯端末は、日常生活の場で用いられるため、状況によって機能が制限されるという障害が発生する。このような状況に対応できる本入力手法は、健常者だけでなく障害者にとっても有効である。すなわち、多様なユーザが多様な状況で情報へアクセスする手段となる。

研究成果の概要(英文)：Text entry is one of the basic interactions in current computer usage. However, it is difficult with small portable terminals used in everyday life like smartwatches. In this project, we proposed a mobile text entry method for situationally-induced impairments and disabilities. Specifically, targeting round-face smartwatches, we designed and developed a text entry method for small touchscreens, one-handed use in eyes-free situations, and natural actions.

研究分野：Human-Computer Interaction

キーワード：文字入力 スマートウォッチ スマートフォン タッチ画面 ジェスチャ入力 EdgeWrite

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 文字入力とは現在のコンピュータ利用において基本的なインタラクションのひとつである。特にインターネット上でのサービス利用においては、検索やコミュニケーションの状況で文字入力が頻繁に使われる。ところが、コンピュータでの文字入力は非常に複雑な作業である。ユーザの必要とする文字や語、記号を、適切に選択したり指定したりしなければならない。まとまった分量を表現するためには、それだけの時間と手間がかかる。この作業は、携帯型の機器ではさらに困難になる。筐体が小さければ、入出力装置のサイズも小さくなるため、ユーザの入力・確認の作業が人間工学的観点から容易ではなくなる。入出力装置としてタッチスクリーンを採用していれば、さらに困難性が高くなる。

(2) 文字入力はデファクト標準が極めて支配的な領域である。ユーザはシステムによって提供されている入力手法の選択肢から選んで文字入力を行わざるを得ない。そして、日常的な入力作業によって訓練を繰り返し、ある程度まで能力を高めていく。したがって、ユーザが選択できる多様な入力手法を開発・提供することが、ユーザのコンピュータ利用の経験と質を向上させるために極めて重要となる。

2. 研究の目的

(1) 本研究で着目するのは、状況によって機能が制限されているときに効果を発揮する入力手法である。状況による制限は次の3つに分類できる：a. 使用している装置の特徴が誘発する、b. 身体的特徴と制限が誘発する、c. 文化的におかれている場が誘発する。

(2) 例えば、a として物理キーボードとタッチスクリーンキーボードが挙げられる。後者はブロのタイピストでも単位時間あたりの入力文字数が2/3になることが示されている。bの例は、小型機器を用いる場合での、両手・片手使用である。両手を使える場合には非利き手で機器を保持して、利き手で文字を入力できる。一方で、片手しか使えなければ機器の保持と入力を兼ねる必要があり、作業が困難になる。また、作業中に集中して表示装置を視認できるかどうか、作業の効率と正確さに大きな影響を与える。cの例は社会通念上の制約である。例えば、会議の場で発言をしながらスマートフォンに入力を行う行為は、参加者に歓迎されないことを考えて行わないと判断することがある。やろうと思えばできるが実際にはやらない作業である。

(3) 本研究では、研究期間を通して、状況によって機能が制限されているときに効果を発揮する入力手法を実現する。具体的には、a. 小型タッチスクリーンを対象とする、b. 視認できない状況で片手入力操作を行う、c. 周囲の人々から見て自然な行為で入力を行う。

3. 研究の方法

(1) 本研究の目的を達成するために、タッチスクリーン式の円形スマートウォッチを対象として、EdgeWrite 入力システムを開発する。円形スマートウォッチにおけるジェスチャ生成実験を行って、各アルファベットに対するジェスチャを設計する。その上で、これらのジェスチャの入力を検出して文字に変換するソフトウェアを実装する。

(2) あわせて、状況によって誘発される機能障害の特性を明らかにするために、スマートウォッチ上での異なる手の姿勢における、なぞり操作時の振る舞いを調査する。従来研究の成果と調査に基づき、スマートウォッチに対する代表的な入力姿勢を仮定し、これらの姿勢に対する縁なぞり操作の入力特性を明らかにする。

(3) 一方で、縁のないベゼルレスデザインのスマートウォッチでは、これまでに開発したEdgeWrite の使用が困難である。そこで、縁の横断・交差によるスワイプジェスチャを利用した文字入力手法を実現する。ここでは、課題を単純化するために四角形のスマートウォッチを対象とする。

4. 研究成果

(1) まず、円形スマートウォッチ用の EdgeWrite アルファベットを設計するために行った実験とその成果を説明する。実験では、ディスプレイサイズ 4.95 インチ、解像度 1080×1920 のスマートフォン (LG 社, Nexus 5) を使用し、ディスプレイ面には中央に直径 1.3 インチの円形の穴を開けた 1 mm 厚のポリプロピレン板を装着した。10 名の大学生の被験者に対し、無作為な順番で提示される入力文字 40 種類の入力を 1 試行とし、歩き状態と座り状態のそれぞれで 6 試行、計 12 試行 (480 文字) を 2 回に分けて行った。被験者には 1 つの文字の入力後に、描いたジェスチャの自信度 (描いたジェスチャが提示された文字に適切であるか) について 1 から 7 までの 7 段階リッカート尺度によって口頭で評価を行ってもらった。

(2) 図 1 に最初と最後（第 12 試行）での各文字の自信度の平均値を示す．まず、アルファベット「c」と「o」と「u」、数字「0」と「9」は、第 1 試行から自信度の平均が 7 段階評価で 6 を超える高い値となっていた．これらは、文字自体の形状が曲線で構成されているために、円形の縁に当てはめることが容易であったと考えられる．アルファベット「f」と「m」と「t」と「x」、数字「4」と「8」は、第 1 試行で中央値の 4 を下回る値であった．この理由として、文字と円形の縁の形状が大きく異なること、また、多画数で構成されていること、縦や横に複数のストロークが組み合わさっていることが考えられる．一方で、図 1 に示すように、第 1 試行と第 12 試行では、自信度の値がほぼすべての文字で上昇している．このことから、ユーザは円形の縁を用いてジェスチャを描く操作に対して、複数回の練習を重ねることで適応すると考えられる．

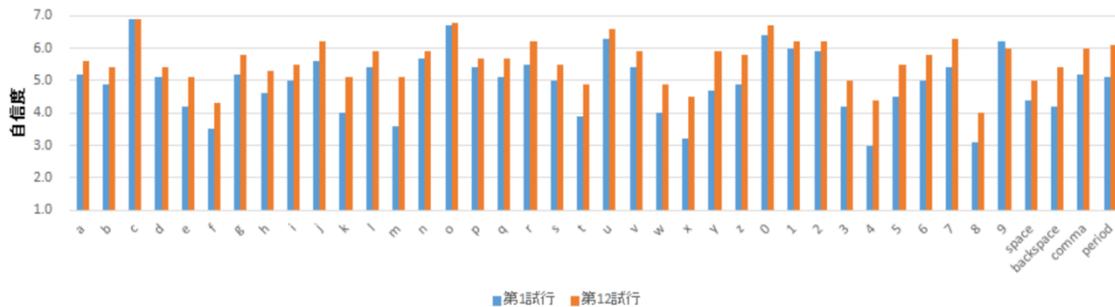


図 1. 最初と最後の試行での各文字の自信度

(3) また、Wobbrock らによる定義をもとに、各ジェスチャについて一致度 A ($0 \leq A \leq 1$) を計算した．これを図 2 に示す．前述した自信度が特に高かった文字 (c, o, u, 0, 9) のうち、「c」と「o」、「0」、「9」は図 2 に示すように一致度においても高い値を示す傾向にあったが、アルファベット「u」は一致度 0.52 であり、やや低い値を示した．これは本実験ではイメージするアルファベットの形状に小文字か大文字かを指示しなかったため、「u」と「U」をそれぞれイメージする被験者に分かれたことで引き起こされていると考えられる．つまり、ある文字についてイメージする形状が個人によって異なる場合、その文字の形状を円形の縁で表しやすく自信度が高かったとしても、描かれるジェスチャの一致度が低くなると考えられる．

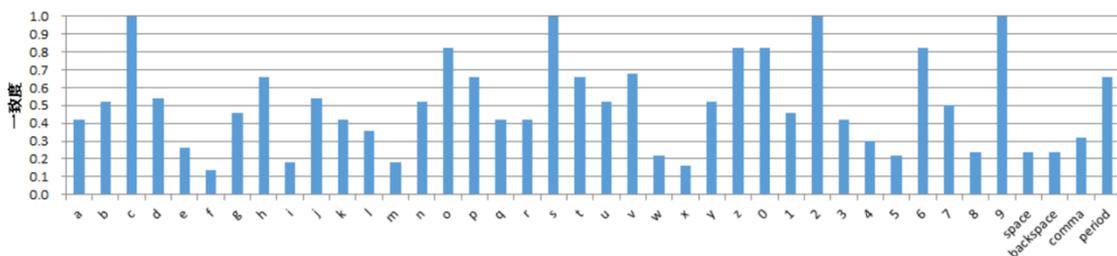


図 2. 最後の試行で描かれたジェスチャの一致度

(4) 以上のデータをもとに、重複をなるべく避けるようにして設計した円形 EdgeWrite のアルファベットを図 3 に示す．また、このアルファベットを認識して文字変換するシステムを Huawei Watch (1.4 インチ, 400 × 400 ピクセル, Android 6.0.1) 上に実装した．特に、より目立たない姿勢 (図 4(b)) で、視認なしで入力できる機能を実現した．

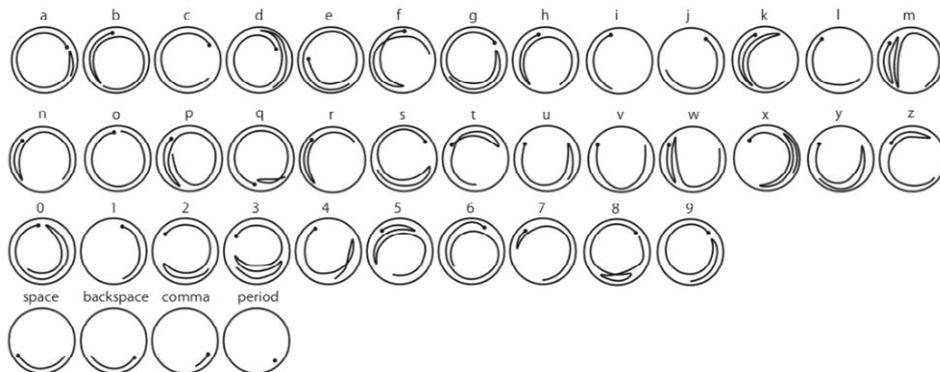


図 3. 円形スマートウォッチ用 EdgeWrite アルファベットのデザイン

(5) 次に、本調査では、図5に示す4つの手の姿勢を使用した。支持なし、親指支持、親指+中指支持では人差し指で入力を行い、人差し指支持では人差し指で入力を行う。実験用端末として Huawei Watch を使用した。また、実験には12名の大学生および大学院生(22-25歳,うち女性3名)に協力してもらった。



図4. 入力姿勢：(a)左：一般的な腕時計操作時の姿勢，(b)右：より目立たない自然な姿勢

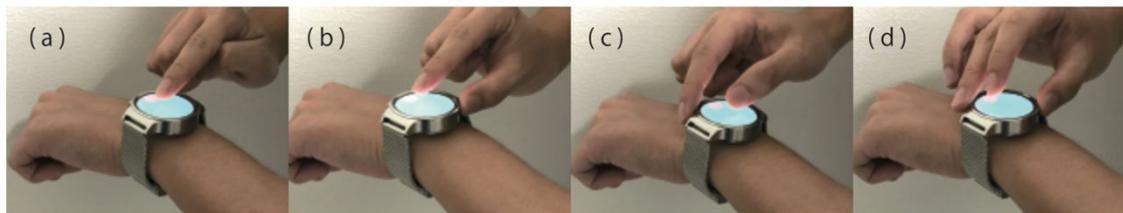


図5. 手の姿勢：(a)支持なし，(b)親指支持，(c)人差し指支持，(d)親指+中指支持

(6) 実験では ISO9241-9 に基づくステアリングタスクを実施した。図6は実験端末に表示される画面の例を示している。実験タスクは、提示された円形または半円形のターゲット領域(幅8mm)を、矢印で示される向きに2周なぞるものとした。また半円形は45度ずつ回転させた合計8種類の領域が提示された。実験は、全ての領域9種×2つの方向(時計回りおよび反時計回り)の試行を1ブロックとし、全ての手の姿勢で4ブロックずつ行った。また、実験後には各手の姿勢について、作業の負荷を問う質問紙 NASA-TLX に回答してもらった。

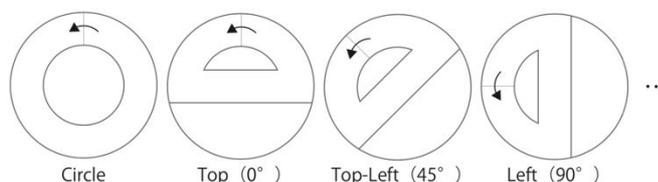


図6. 実験に使用したターゲット領域の例

(7) 以下では、各手の姿勢での第1ブロックを練習とし、残りの3ブロックを対象に分析を行った。また、有意性の検定には Kruskal-Wallis 検定を用い、多重比較検定として Steel-Dwass 検定を使用した。各手の姿勢について、領域を2周なぞるためにかかった時間の中央値(括弧内は四分位範囲)は、支持なしで1,225(450)ms、親指支持1,275(406)ms、人差し指支持1,350(350)ms、親指+中指支持1,550(550)msであり、把持なしと親指支持の間以外の全ての条件間に有意差がみられた($p < .01$)。また、NASA-TLXによる作業負荷WWLは、支持なしで61.0(28.6)、親指支持50.0(11.8)、人差し指支持60.1(16.7)、親指+中指支持77.7(15.1)であり、親指支持と親指+中指支持間に有意差($p < .01$)が、人差し指支持と親指+中指支持間に有意傾向($p < .05$)がみられた。これらのことから、親指支持は、支持ありの他2つの条件よりも素早く入力ができ、作業負荷も少ないと考えられる。次に親指支持について、各領域位置で試行中に指が離れた回数の全参加者の累計数に注目すると、全領域で95回であったのに対し、Topでは2回、Bottom-Rightでは5回のみであった。このことから、時計の上端または右下に弧があたるD型を入力に用いることで、より安定した入力ができることが分かった。

(8) 最後に、縁の横断・交差によるスワイプジェスチャを利用した文字入力手法を実現することによって、縁のないベゼルレスデザインのスマートウォッチへの対応を行った。ここまでのデザイン手法を繰り返すことによって、デザインを進めた。まず、ジェスチャ導出実験を被験者に対して行った。具体的には7名の大学生の被験者(うち女性3名,全員右利き)にスマートウォッチを装着してもらい、実際に入力することを想定しながらジェスチャを創出してもらった。本実験の結果、アルファベット(A~Z)、数字(0~9)、記号(space, comma, period)のジェスチャ全181種類(1文字あたり最大7種類,最小2種類)が被験者によって設計された。

(9) ジェスチャ導出実験で設計されたジェスチャを評価するため、導出実験には参加していない大学生8名(女性3名,全員右利き)を被験者として実験を行った。ある文字のジェスチャをモニタに提示し、妥当性(ジェスチャがその文字としてふさわしいかどうか)を5段階で評価してもらい、実際にスマートウォッチにジェスチャを入力してもらって、入力時間とスワイプ間の時間を測定した。また各ジェスチャの入力のしやすさを5段階で評価してもらった。以

上の評価実験の結果より、各ジェスチャの入力時間、入力のしやすさ、妥当性、一致度を考慮して、各文字で1つずつ全39種類のジェスチャを手法のジェスチャとして選択した。その一部を図7に示す。また、本ジェスチャ集合をSony SmartWatch 3上に実装した文字入力システムの使用例を図8に示す。

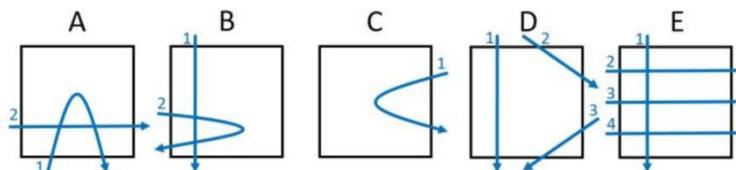


図7. 選択されたジェスチャの例



図8. 実装システムに使用例：アルファベット n の入力

(10) 以上より本研究では、状況によって機能が制限されているときに効果を発揮する入力手法を実現することができた。すなわち、a. 小型タッチスクリーンを対象とし、b. 視認できない状況で片手入力操作を行いつつ、c. 周囲の人々から見て自然な行為での入力を実現することができたといえる。本研究の成果は、モバイル端末を使用する一般的なユーザだけでなく、機能的な障害をもったユーザに対しても有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

白神 翔太, 木下 雄一郎, 郷 健太郎, 携帯端末の振動フィードバックを通じた量および重要度の表現に関する検討, 日本感性工学会第 14 回春期大会論文集, No. 2F04 (3 pages), 2019 年 3 月. 査読なし

塚田 悠斗, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. 手首装着型ウェアラブルデバイスの振動パターンによる量および方向に関する情報表現, 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, Vol. 2019-HCI-182, No. 10, pp. 1-8, 2019 年 3 月. 査読なし

倉鹿野 直輝, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. ベゼルスワイプジェスチャによるスマートウォッチ文字入力手法, 第 24 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会講演論文集, 講演番号: 22, p. 22, 2019.3.2. (東京支部学生奨励賞 受賞) 査読なし

白神 翔太, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. 携帯端末の振動フィードバックを通じた感情表現に関する検討, 第 20 回日本感性工学会大会予稿集, No. C3-04 (5 pages), 2018 年 9 月. 査読なし

Takashi Totsuka, Yuichiro Kinoshita, and Kentaro Go. Investigation of Input Gestures for Deformable Smartwatches, Proceedings of the 25th International Display Workshops, pp. 37-39, Nagoya, Japan, December 2018 (Outstanding Poster Paper Award 受賞). 査読あり

木川 芽衣, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. 円形スマートウォッチでの縁なぞり操作によるアイズフリー文字入力, 第 23 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会講演論文集, 講演番号: 23, 2018.3.5. 査読なし

植野 圭一, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. スマートウォッチ上での異なる手の姿勢におけるなぞり操作時の振る舞いの調査, 第 23 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会講演論文集, 講演番号: 21, 2018.3.5. (東京支部学生奨励賞 受賞) 査読なし

Kentaro Go, Yuki Kagawa, and Yuichiro Kinoshita. 2017. The Effect of Edge Targets on Crossing-Based Selection with Direct Touch Input. In Proceedings of the 24th International Display Workshops (IDW '17) (invited) 査読なし

Keiichi Ueno, Kentaro Go, and Yuichiro Kinoshita. 2017. Investigation of smartwatch touch behavior with different postures. In Proceedings of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '17). ACM, New York, NY, USA, 57-61. DOI: <https://doi.org/10.1145/3152832.3152843> 査読あり

Keiichi Ueno, Kentaro Go, and Yuichiro Kinoshita. 2016. Design and Evaluation of EdgeWrite Alphabets for Round Face Smartwatches. In Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '16 Adjunct). ACM, New York,

〔学会発表〕(計 10 件)

白神 翔太, 木下 雄一郎, 郷 健太郎, 携帯端末の振動フィードバックを通じた量および重要度の表現に関する検討, 日本感性工学会第 14 回春期大会, 長野・上田, 2019 年 3 月.

塚田 悠斗, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. 手首装着型ウェアラブルデバイスの振動パターンによる量および方向に関する情報表現, 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 東京, 2019 年 3 月.

倉鹿野 直輝, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. ベゼルスワイプジェスチャによるスマートウォッチ文字入力手法, 第 24 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, 東海大学 高輪キャンパス, 2019.3.2.

白神 翔太, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. 携帯端末の振動フィードバックを通じた感情表現に関する検討, 第 20 回日本感性工学会大会, 東京, 2018 年 9 月.

Takashi Totsuka, Yuichiro Kinoshita, and Kentaro Go. Investigation of Input Gestures for Deformable Smartwatches, The 25th International Display Workshops, Nagoya, Japan, December 12-14, 2018.

木川 芽衣, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. 円形スマートウォッチでの縁なぞり操作によるアイズフリー文字入力, 第 23 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, 東海大学 高輪キャンパス, 2018.3.5.

植野 圭一, 木下 雄一郎, 郷 健太郎. スマートウォッチ上での異なる手の姿勢におけるなぞり操作時の振る舞いの調査, 第 23 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, 東海大学 高輪キャンパス, 2018.3.5.

Kentaro Go, Yuki Kagawa, and Yuichiro Kinoshita. 2017. The Effect of Edge Targets on Crossing-Based Selection with Direct Touch Input. The 24th International Display Workshops, Sendai, Japan, December 6-8, 2017.

Keiichi Ueno, Kentaro Go, and Yuichiro Kinoshita. 2017. Investigation of smartwatch touch behavior with different postures. The 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '17), Stuttgart, Germany, November 26-29, 2017.

Keiichi Ueno, Kentaro Go, and Yuichiro Kinoshita. 2016. Design and Evaluation of EdgeWrite Alphabets for Round Face Smartwatches. The 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, Tokyo, Japan, October 16-19, 2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://golab.org>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 木下 雄一郎

ローマ字氏名: KINOSHITA Yuichiro

所属研究機関名: 山梨大学

部局名: 大学院総合研究部

職名: 准教授

研究者番号 (8 桁): 70452133

(2) 研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。