

5つのキーのスライド&フリックによる文字入力方式の評価

本田拓也¹ 中村喜宏¹

概要: 近年, スマートウォッチは多様な用途に利用されている. しかし, 現状でも困難な用途がいくつか存在する. その1つがかな文字入力である. スマートウォッチは, 従来の機器と比較して画面が格段に小さく, 既存のソフトウェアキーボードによる文字入力方式をそのまま適用することが困難であった. さらに, 入力内容や他の情報を表示するスペースを同画面上に確保することが難しく, 入力に十分な性能を備えているとは言えなかった. そこで我々は2つの子音を割り当てたキーを横1列に5つ配置し, 他キーへのスライドとキー外へのフリックで決定するかな文字入力方式を提案する. 提案方式は, キー数を5つにすることで各キーに十分な大きさを確保しつつキーボードの画面占有面積を小さくすることができる. さらに, スライドとフリックを組み合わせることで1文字を1ストロークで入力することができ, 高い入力性能を有する. 評価実験の結果, 入力速度は 54.09CPM, 修正済みエラー率は 8.20%となりスマートウォッチのかな文字入力方式として有効性が示された.

キーワード: 文字入力, スマートウォッチ, ウェアラブル端末

A Japanese Kana Character Input Method by Slide and Flick Operations with Five Keys

TAKUYA HONDA^{†1} YOSHIHIRO NAKAMURA^{†1}

Abstract: In recent years, smartwatches have been used in a variety of applications. However, there are some applications that are still difficult to use. One of them is to input kana characters. The screen of a smartwatch is much smaller than that of a conventional device, making it difficult to use the existing software keyboard for text input. In addition, it is difficult to secure a space for input contents and other information on the same screen, and the screen does not have sufficient performance for input. To solve this problem, we propose a kana character input method in which five keys with two consonants are arranged in a horizontal row, and the input is decided by sliding to another key and flicking out of the key. The proposed method can reduce the screen space occupied by the keyboard while maintaining sufficient size of each key by using only five keys. In addition, the combination of sliding and flicking enables us to input a single character with a single stroke, and the system has high input performance. As a result of our evaluation experiments, the input speed was 54.09 CPM and the corrected error rate was 8.20%, indicating the effectiveness of our system as a kana input method for smartwatches.

Keywords: Japanese text entry, smartwatch, wearable device

1. はじめに

近年, スマートウォッチは電話やメールの通知, 電子決済や健康管理等の多様な用途に利用されている. しかし, 現状で困難な用途がいくつか存在する. その1つが文字入力である. スマートウォッチには, 定型文入力と音声入力が備わっており, 簡単な文章の入力は可能である. しかし, 定型文入力は送信したい文章や単語を瞬時に探して入力することが困難である. また, 音声入力は利用環境による誤入力が多く, プライバシーやセキュリティの観点から利用できる環境が制限される. スマートウォッチは他の機器に比べて画面が格段に小さく, 既存のソフトウェアキーボードによる文字入力方式をそのまま適用することが困難であった. さらに入力内容や他の情報を表示するスペースを同画面上に確保することが難しく, 十分な入力性能を備えているとは言えなかった.

そこで我々は, 快適な入力が可能でかつ画面占有面積が小さい超小型機器向けのかな文字入力方式を提案する. 提案方式は5つのキーを横1列に配置したスライド&フリックキーボードベースの入力方式である. 日本語かな文字入力の場合には, 各キーに2つの子音が割り当てられており, タッチダウンで子音を2つに絞り, 左右に配置されているキーへのスライドで母音を切り替える. さらに, スライド先からキー外へ上下いずれかの方向へフリックを行うことでタッチダウンキーに割り当てられた2つの子音どちらかを選択することで, かな文字の入力を行う. これにより, 他キーへのスライドとキー外へのフリックを組み合わせた1ストロークでの文字入力が可能である. この方式により5つのキーで最大85文字の割り当てが可能である.

提案方式は, キー数を5つに限定して横1列に配置することで各キーに十分な大きさを確保しつつ, キーボードの画面占有面積を小さくすることが可能である. さらに, 1ストロークで文字を入力できることから速い入力および誤りの少ない入力が可能であると期待される. 提案方式のス

¹ 日本大学大学院生産工学研究科
Graduate School of Industrial Technology, Nihon University
Narashino, Chiba 275-8575, Japan

スマートウォッチにおけるかな文字入力方式としての有効性を検証するために評価実験を行った。

2. 関連研究

スマートウォッチにおける文字入力について様々な方式が提案されている。

2.1 5-TILES Keyboard

5-TILES Keyboard[1]は、5つのキーそれぞれに5～6文字のアルファベットを割り当て、他キーへのスライドで入力する方式である。そのため、アルファベット入力においては画面占有面積の小さい方式として有効である。しかし、かな文字を入力するには、ローマ字入力を用いるため2アクションが必要となり、キーの押し間違えによる誤入力が増加する。

2.2 EdgeWrite

EdgeWrite[2]は、矩形の入力領域の4つの頂点を結ぶ一筆書きでアルファベットを入力する方式である。また、同様にカタカナを入力する方式[3]も開発されている。しかし、これらは特殊な一筆書きを覚える必要があり、習熟の負荷が大きいという問題がある。また、画面占有面積を小さくすると文字を書くスペースが小さくなり、誤入力が増加する問題もある。

2.3 ストロークジェスチャとタッチの組み合わせ

尾崎らによって提案された方式[4]は、角型スマートウォッチのベゼルに沿った10種のジェスチャに子音を割り当て、その後タッチで母音を決定する方式である。そのため、円型のスマートウォッチへの利用が困難である。また、この方式の画面占有率は37%であり、画面占有面積はより小さくできると考える。

2.4 No-look Flick

No-look Flick[5]はスマートフォン向けのアイズフリーな文字入力方式である。画面を3つの領域に分割し、そのうちの2つの領域を子音（行）に、1つを母音（列）に割り当て、子音（行）、母音（列）の順に2回のフリックで1文字を入力する。この方式はキーが3個あれば入力できるためそのままスマートウォッチへの適用も可能であると考えられる。しかし、1文字の入力に2アクションが必要であるため、キーの押し間違いやフリック方向の間違いによる誤入力が増加する。

2.5 QuadKey

QuadKey[6]は、各キーに3つの文字群（15文字）を割り当てた4つのキーを2×2で配置するフリックキーボードベースのスマートウォッチ向けのかな文字入力方式である。タッチで入力したい文字群を絞り、垂直方向と水平方向の隣接したキーの中央までスライドすることで割り当てた文字群を切り替える。その後、タッチしているキーから4方向へのフリックで文字を入力する方式である。この方式は快適な文字入力を可能にしている。しかし、画面の大きさ

が24mm×24mmとし各キーの大きさを80mm²（縦8mm×横10mm）とした場合、キーボードの画面占有率が55.56%であるため、他の情報を表示するスペースが確保できない問題が解決できない。

3. 提案方式

図1に提案するかな文字入力ソフトウェアキーボードを示す。提案方式は、キー数を5つにすることで画面占有面積が小さく、かつ他の入力方式と同等な大きさを確保することができる。また、キーを横1列に配置しているため、入力内容や他の情報を表示するスペースを同画面上に確保することができ、入力する際にキーが指に隠れてしまった場合も入力の大きな妨げにはならない。

入力方法は、最初にタッチダウンで入力したい子音が割り当てられているキーを選択する。次に、他キーへのスライドで母音を選択する。最後にスライド先キー上から上か下のキー外へのフリックでスライド元キーに割り当てられている2つから子音の選択と母音の決定を行い、文字を入力する。また、各キー内でタッチアップする入力と両端のキーから左右のキー外へフリックする入力が可能である。この仕組みにより、5つのキーで85文字（5キー×5スライド×3方向+5キー×2スライド×1方向）を割り当てることができ、かな文字を46個割り当てても39個の特殊文字や機能を割り当てることができる。

さらに、清音（濁点や小文字などの特殊文字を除いた文字）を1ストロークで入力することができ、入力操作をパターンとして記憶することが可能である。よって、入力の習熟度を上げることで速くて誤りの少ない文字入力が期待できる。

以上のことから、提案方式は快適な入力が可能でかつ画面占有面積が小さい超小型機器向けのかな文字入力方式として有効であると考えられる。

3.1 入力方法

図2に文字「さ」を入力する場合の例を示す。タッチダウンで入力したい子音を選択し、他キーへのスライドで母音を選択する。最後にスライド先のキーから上か下のキー外へのフリックでタッチダウンキーに割り当てられている2つから選択と決定を行う。以下に詳細を示す。

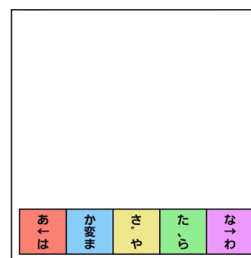


図1 提案方式のソフトウェアキーボード

Figure 1 Proposed software keyboard

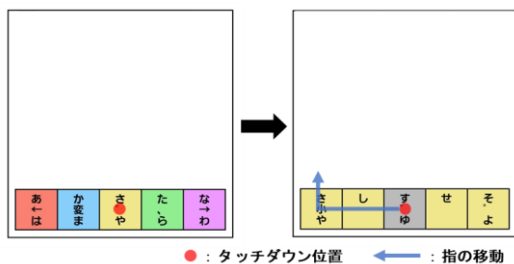


図 2 文字入力例「さ」

Figure 2 Example of text entry.

3.1.1 キーの選択

各キーの中央に特殊文字や機能、その上部に左から「あかさたな」の文字とその下部に左から「はまやらわ」の文字がそれぞれ表示（以降、初期状態）されている。表示内容に従って、入力したい文字が割り当てられているキーをタッチダウンする。すると、そのキーの上部と下部および中央に割り当てられている文字の入力状態（以降、スライド状態）が開始される。

3.1.2 キーのスライド

スライド状態になると、各キーの初期状態の表示内容がタッチダウンキーの上と下、中央に表示されている文字に変わる。例えば、左端キーをタッチダウンした場合は各キーの中央に「アルファベットキーボード」や「数字キーボード」、「左シフト」が表示され、その上には左から「あいいうえお」の文字とその下には左から「はひふへほ」の文字がそれぞれ表示される。タッチダウンしたキーから他キーへスライドすることで入力文字を選択することができる。表示内容に従って、入力したい文字があるキーまでスライドする。

3.1.3 キーのフリック

入力したい文字が各キーの上に表示されている場合は、スライド先のキーから上フリックを行う。また、入力したい文字が各キーの下に表示されている場合は、スライド先のキーから下フリックを行う。各キーの中央に表示されている特殊文字や機能を入力したい場合は、スライド先のキー内でタッチアップすることで入力できる。

スライド状態の左端キーには左フリック、右端キーには右フリックにも文字割り当てがあり、特殊文字や機能を入力することが可能である。

3.2 文字の割り当て

表 1 に各キーに割り当てている文字を示す。5 つのキーを左から順に key1～key5 とした。表 1 の左端 1 列（縦の key1～key5）がタッチダウンするキーの位置、表 1 の最上段 1 行（横の key1～key5）がスライド先のキーを示す。また、表 1 の左から 2 番目の各列（上、なし、下、左、右）がフリック方向を示す。

各キーに「あかさたな」の子音を 1 つと「はまやらわ」

の子音を 1 つ割り当てた。さらに、スライド先の key1 に「あ段」、key2 に「い段」、key3 に「う段」、key4 に「え段」、key5 に「お段」の母音をそれぞれ割り当てた。

3.3 視覚フィードバック

図 3 に提案方式の視覚的フィードバックを示す。提案方式にユーザの入力を補助するための視覚的なフィードバックを提供する。各キーを 5 色（左から赤、青、黄、緑、紫）に分けて表示する。そして、キーをタッチダウンしたとき、すべてのキーがタッチダウンした色に変化する。さらに、キーをスライドしている間は触れているキーの色を灰色で表示する。これらの視覚フィードバックによりタッチダウンしたキーとスライドで選択しているキーを確認することができる。

表 1 文字の割り当て

Table 1 Assignment of characters.

タッチ	フリック 方向	スライド先				
		key1	key2	key3	key4	key5
key1	上	あ	い	う	え	お
	なし	←	英	数		
	下	は	ひ	ふ	へ	ほ
	左右					
key2	上	か	き	く	け	こ
	なし	BS	変	⌂	⌂	
	下	ま	み	む	め	も
	左右					
key3	上	さ	し	す	せ	そ
	なし	小		・		。
	下	や		ゆ		よ
	左右					
key4	上	た	ち	つ	て	と
	なし		!	?	、	。
	下	ら	り	る	れ	ろ
	左右					
key5	上	な	に	ぬ	ね	の
	なし					→
	下	わ		を	一	ん
	左右					

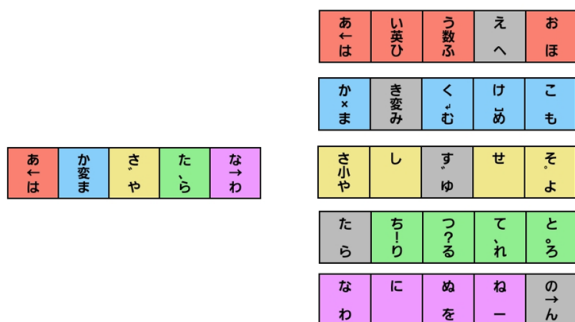


図 3 視覚フィードバック

Figure 3 Visual feedback.

4. 評価実験

提案方式がどの程度、スマートウォッチ向けのかな文字入力方式として有効であるかを確かめるために入力速度と修正済みエラー率の検証を行った。5-TILES Keyboard を比較対象の方式に選択した。そして、キーボードと同画面上に表示される単語を入力する文字入力の転写実験を行った。

実験は大学生と大学院生の男性 3 名（年齢：20～22 歳）と女性 4 名（年齢：19～21 歳）の計 7 名に協力してもらった。全実験協力者が右利きであり、普段からスマートフォンでフリックキーボードを用いた文字入力を行っている。また、実験はスマートウォッチを想定した実験用プロトタイプキーボードをスマートフォン上に実装し、左手で機器を持って右手の人差し指で入力する方法で行った。使用するスマートフォンは、各自の Android 端末又は iOS 端末を用いて、各キーボードが同じ大きさになるようにそれぞれ実装した。

4.1 比較対象

転写実験における提案方式の比較対象に 5-TILES Keyboard を選択した。5-TILES Keyboard はそれぞれに 5～6 文字のアルファベットを割り当てたキー 5 つで構成されており、基本的にスライド入力を使用するスマートウォッチ向けアルファベット入力方式である。よって、かな文字を入力する場合はローマ字入力で行う。対して、提案方式は 5 つのキーを用いて 1 ストロークでかな 1 文字を入力する方式である。よって、キー数が同じ方式として、どちらの入力方式がより適しているか比較検証できることから 5-TILES Keyboard を比較対象として選択した。

4.2 用意したキーボード

図 4 にキーボードの大きさを示す。スマートウォッチ画面の大きさを 32mm×32mm と想定した。また、提案方式にはキーの左右と下へのフリックが必要であるため、キーボードの各端から 1mm の余白を取った。提案方式と 5-TILES Keyboard はキー数が同じであるため、本実験では同じ形を用いた。

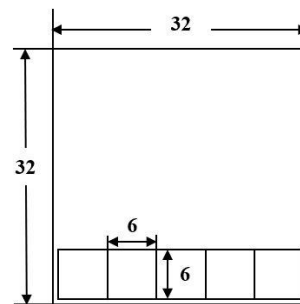


図 4 キーボードの大きさ (mm)

Figure 4 Size of Keyboards

4.3 用意した単語

出題単語は、国立国語研究所の現代日本語書き言葉均衡コーパス(BC-CWJ)の頻度リスト[7]から 5 文字の単語を 800 個抽出して用いた。抽出条件として、数詞と助詞は単語に含まれる文字の偏りが大きいため除外し、読み方が同じ単語は 1 つに統合した。

本実験で使用する文字は、かな文字 50 音と濁点 (゛), 半濁点 (゜), 小文字のみである。

4.4 評価指標

本実験では、入力速度とエラー率を測定した。入力速度の評価指標には、CPM (Characters Per Minute) を用いた。CPM は 1 分間あたりの文字入力数であり、値が大きいほど良好な結果と言える。エラー率の評価指標には、修正済みエラー率である Cerr (Corrected Error Rate) [8]を用いた。Cerr は実験中に修正した文字数を全入力回数で割って 100 をかけて求めた割合であり、値が小さいほど良好な結果と言える。

4.5 手順

まず、実験協力者 7 名に提案方式と 5-TILES Keyboard の入力方法について十分に説明した。次に使用する文字全てを一度入力させ、入力方式等に疑問が無いことを確認した。実験順序が与える影響を打ち消すために、各実験協力者の 2 つの入力方式の行う順序はランダムに割り振った。まず、実験協力者は 1 つ目の入力方式を用いて実験を行ってもらった。想定したスマートウォッチ領域内の上部に表示される単語を入力してもらった。800 単語から重複なくランダムで抽出された 5 単語 (25 文字) を 1 セッションとし、1 日 5 セッション (125 文字) 行った。また、セッションごとにインターバル 3 分程置いた。1 つ目の入力方式の実験が終了したら、2 つ目の入力方式を用いて同条件、同様の手順で実験を行ってもらった。各入力方式をある程度、習熟してもらうために上記の実験を 40 日間、計 200 (1000 単語, 5000 文字) セッション実施した。実験はコロナ禍の影響で初日のみ大学内の静かな部屋で実施してもらい、翌日からは各自の集中できる静かな環境で毎回実施してもらった。

実験において、入力された文字は1文字ごとに正誤判定を行い、正解の場合のみ次の文字入力に進み、単語の最終文字まで正解した場合に次の単語が自動で表示されるようにした。

5. 結果と考察

5.1 入力速度

表2に最終日（40日目、196セッション～200セッション）における実験協力者の平均入力速度と平均Cerrの結果を示す。括弧内の数字は標準偏差を示している。また、図5に各日の平均入力速度を示す。初日の提案方式における平均入力速度は18.62CPMだったが、40日間継続した結果、54.09CPMまで上昇した。対して、5-TILES Keyboardは初日の平均入力速度が13.86CPMであり、40日間継続した結果、42.83CPMまで上昇した。提案方式と5-TILES Keyboardの最終日における入力速度に有意差があるか有意水準5%で片側t検定を行った。結果、 $t(6) = 7.40$, $p = 0.00 < 0.05$ で有意差が認められた。結果、提案方式の方が5-TILES Keyboardより入力速度が速かった。また、提案方式の習熟度は依然上昇傾向にあり、継続することで入力速度のさらなる上昇が可能であると予測する。

40日目の平均かな文字入力速度が提案方式の方が速かった理由を以下に考察する。提案方式は、1ストロークでかな文字入力することができ、キー数が5つであることが要因であると考えられる。さらに、文字割り当てが左上から右上、左下、右下の順で「あかさたな、はまやらわ」と子音が割り当てられていることとkey1に「あ段」、key5に「お段」の母音を割り当てることで対象の文字を見つけやすく、学習しやすいことも要因として挙げられる。これらより、スライド先とフリック方向がどの子音も母音も共通であるため、入力操作をパターンとして覚えやすく速い文字入力に繋がっていると考えられる。

表2 最終日における実験協力者の結果

Table 2 Results of each experimenter on the last day.

	提案方式		5-TILES Keyboard	
	CPM	Cerr [%]	CPM	Cerr [%]
#1	60.05(3.89)	2.91(4.67)	46.43(4.13)	13.48(5.76)
#2	60.97(5.44)	5.88(4.08)	51.94(5.48)	5.67(6.31)
#3	38.47(2.27)	17.57(4.39)	34.38(3.31)	3.02(3.12)
#4	65.61(5.10)	3.73(3.70)	50.01(9.52)	13.86(7.44)
#5	51.48(4.16)	6.09(8.40)	39.09(3.42)	10.25(7.23)
#6	49.05(7.29)	7.86(12.47)	34.40(3.13)	14.64(9.18)
#7	52.97(6.26)	13.37(6.48)	43.57(9.97)	12.59(15.00)
平均	54.09(2.12)	8.20(1.60)	42.83(2.85)	10.50(2.66)

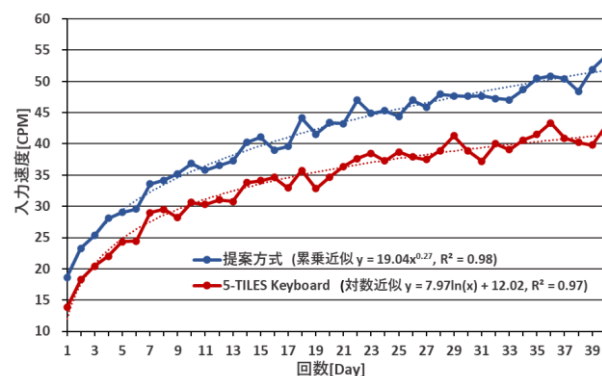


図5 各日の平均入力速度

Figure 5 Average text entry speed (CPM) for each day.

5.2 エラー率

図6に各日の平均Cerrを示す。初日の提案方式における平均Cerrは15.32%だったが、40日間継続した結果、8.20%まで上昇した。対して、5-TILES Keyboardは初日の平均Cerrが22.70%であり、40日間継続した結果、10.50%まで減少した。よって、実験最終日の平均Cerrは提案方式の方が5-TILES Keyboardより低かった。しかし、有意水準5%で両側t検定を行ったところ、 $t(6) = -0.70$, $p = 0.51 > 0.05$ で有意差が認められなかった。

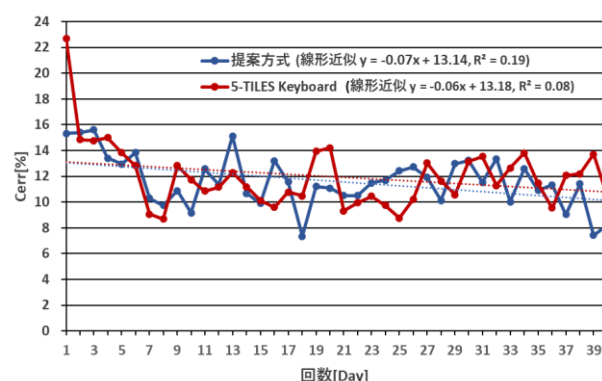


図6 各日の平均Cerr

Figure 6 Average Cerr for each day.

6. おわりに

本研究では、快適な入力が可能でかつ画面占有面積が小さい超小型機器向けのかな文字入力方式として5つのキーを横1列に配置したスライド&フリックキーボードベースの1ストローク入力方式を提案した。提案方式の画面占有率は全体の17.58%と小さく、かつ5つのキーで85文字の割り当てが可能である。また評価実験の結果、入力速度は54.09CPM、修正済みエラー率は8.20%となりスマートウォッチのかな文字入力方式として有効性が示された。

今後の課題として、キーボードサイズの違いが提案方式の入力性能に与える影響を検証する必要がある。スマートウォッチの画面は小さいため、キーボードサイズを1mm変えるだけで大きく影響され则认为。また、最適な文字割り当ての検討も必要である。

謝辞 本研究を進めるにあたって、多大なるご協力頂いた皆様に謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] ETAOI Systems : 5-TILES, (online), available from (<http://fivetiles.com>) (accessed 2020-12-18).
- [2] Wobbrock, J., Myers, B. and Kembel, J.: EdgeWrite: A Stylus-Based Text Entry Method Designed for High Accuracy and Stability of Motion, Proc. ACM UIST' 03, pp. 61-70 (2003).
- [3] 松村駿, 木下雄一朗, 郷健太郎. 日本語 EdgeWrite のスマートウォッチへの実装と評価. 第20回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, p. 9 (2015).
- [4] 尾崎尚人, 本多信吾, 田中敏光, 秋田光平, 佐川雄二: ストロークジェスチャとタップの組み合わせによる角形スマートウォッチ向けの文字入力手法, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.8, pp.1511-1519 (2018).
- [5] Fukatsu, Y., Shizuki, B. and Tanaka, J.: No-look Flick: Single-handed and Eyes-free Japanese Text Input System on Touch Screens of Mobile Devices, Proc. Mobile HCI 2013-Touch and Text input, pp. 161-179 (2013).
- [6] 安福和史, 中村喜宏: QuadKey: キーの数を4つに限定したスマートウォッチ向けかな文字入力方式, 情報処理学会論文誌. 1992, vol. 33, no. 12, p. 1512-1526.
- [7] 国立国語研究所コーパス開発センター: 「現代日本語書き言葉均衡コーパス」語彙表短単位語彙表データ(オンライン), 入手先 http://pj.ninjal.ac.jp/corpus_center/bccwj/freq-list.html (参照 2020-12-18).
- [8] Soukoreff, R. W. and Mackenzie, I. S.: Metrics for textentry research: an evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric, Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI'03), pp. 113-120 (2003).