

B2B-Swipe : 超小型タッチパネル端末のためのベゼルからベゼルへの スワイプジェスチャ

久保 勇貴* 志築 文太郎† 田中 二郎†

概要. 超小型タッチパネル端末（以降，超小型端末）が備えるタッチパネル上において，1本指にて行えるタッチジェスチャ Bezel to Bezel Swipe (B2B-Swipe) を示す。B2B-Swipe は超小型端末のベゼルからベゼルへのスワイプである。超小型端末のタッチパネルは小さい，すなわちベゼル間の距離が短いため，ユーザは B2B-Swipe を容易に行える。また，ユーザは指から得られる触覚によって各ベゼルを区別することができるため，B2B-Swipe をアイズフリーにて行うことができる。さらに B2B-Swipe は1本指によって行えるシンプルなジェスチャであるため，センサを追加せず超小型端末上の入力語彙を増やすことが可能である。B2B-Swipe の入力精度を測定するため，SmartWatch 3 上に B2B-Swipe を実装し，画面を見ながら行う sighted 条件，画面を見ずに行う eyes-free 条件の2条件にて被験者実験を行った。その結果，成功率は sighted 条件において 92.8%，eyes-free 条件において 92.4%であった。また，B2B-Swipe が異なる B2B-Swipe と判定された誤入力率は eyes-free 条件において 0.78%，B2B-Swipe が Bezel Swipe と判定されるという誤入力率は eyes-free 条件において 0.39%であった。これらより B2B-Swipe はアイズフリーにて行えるジェスチャである可能性が示された。

1 はじめに

スマートウォッチなどの超小型タッチパネル端末（以降，超小型端末）の操作は，超小型端末に搭載されているタッチパネルへのタッチジェスチャ，およびボタンの押下が主である。ただし，タッチジェスチャについては複数本の指を用いたものは行いにくい。その理由は，超小型端末のタッチパネルは操作を行うユーザの指に対して小さい（例：SONY SmartWatch 3 の画面サイズ：1.6 インチ）ためである。そのため，超小型端末において行いやすいタッチジェスチャはスワイプもしくはタップなどの1本指を用いたものに限られるため，超小型端末において可能な入力語彙はスマートフォンおよびタブレットに比べて少ない。

そのため，タッチジェスチャ以外の入力手法を提供する超小型端末も登場している。操作の例として，超小型端末を取り付けた腕を素早く回転させるという操作（例：SmartWatch 3）および手首を振るシェイクという操作（例：Moto 360）が挙げられる。また音声入力を提供する端末もある（例：Apple Watch）。しかし，これらは環境によっては行えない場合がある。また，HCI 分野においては，超小型端末への入力語彙を増やすことを目的として，端末外における操作を可能とする手法が多数提案されている [9, 12, 14]。しかし，これらの手法には端末に

センサを追加する必要がある。

本研究にて我々は，超小型端末が備えるタッチパネル上において，1本指にて行えるタッチジェスチャ Bezel to Bezel Swipe (B2B-Swipe) を示す。B2B-Swipe はタッチパネルのベゼルからベゼルへのスワイプである。超小型端末のタッチパネルが小さい，すなわちベゼル間の距離が短いため，ユーザは B2B-Swipe を容易に行える。また，ユーザは指から得られる触覚によって各ベゼルを区別することができるため，B2B-Swipe をアイズフリーにて行うことができる。また，B2B-Swipe はタッチパネルのみを用いて実装可能であり，追加のセンサを必要としないという特長も有する。

本研究において B2B-Swipe の入力精度を測定するため，SmartWatch 3 上に B2B-Swipe を実装し，被験者実験を行った。本稿においては，これらについて報告する。

2 関連研究

本研究と同様に，スマートウォッチのための入力手法，スマートウォッチにおけるアイズフリー入力および，ベゼルを用いたジェスチャを扱った先行研究は数多く存在する。

2.1 スマートウォッチのための入力手法

スマートウォッチの入力語彙を，センサを追加することによって増やす研究が多く行われており，センサとして IR センサ [9, 12]，磁力センサ [6]，ジョイスティックセンサ [17]，タッチセンサ [18] もしく

Copyright is held by the author(s).

* Yuki Kubo, 筑波大学情報学群情報メディア創成学類

† Buntarou Shizuki and Jiro Tanaka, 筑波大学システム情報系

は、カメラ [5] を用いたものなどが提案されている。例えば、Xiaoら [17] は、ジョイスティックセンサをスマートウォッチの盤面に組み込むことにより、盤面を傾けて操作を行う手法を提案した。iSkin [18] はフレキシブルかつ伸縮可能なタッチパネルであり、その応用例として、スマートウォッチ側面に iSkin を取り付けるものが提案されている。一方、我々の B2B-Swipe は、スマートウォッチに搭載されているタッチパネルのみを用いて実装が可能であるため、スマートウォッチにセンサを追加する必要がなく、またこれらと共存可能である。

本研究と同様に、センサを追加せずにスマートウォッチの入力語彙を増やす操作手法として Beats [11] がある。Beats は 2 本指によるタッチパネルへの同時、もしくは逐次タッピングおよび指のリリースパターンを組み合わせ、18 通りの入力語彙を増やした。

2.2 スマートウォッチにおけるアイズフリー入力

スマートウォッチにおけるアイズフリー入力の研究が多数行われている [13, 4, 2, 14]。例えば、Blaskóら [2] は、ユーザが操作対象を知る手がかりとしてベゼルを使った操作手法を提案した。WatchIt [14] は、センサを腕時計型端末のバンド部分に取り付けることにより、バンドをなぞる、タップ、および 2 本指により掴むというアイズフリージェスチャを提案している。

これらと同様に、B2B-Swipe も操作対象を知る手がかりを物理的なデバイスに求めた操作である。ただし [13, 4, 14] とは異なり、その手がかりは追加デバイスではなく [2] と同様に端末本体としている。

2.3 ベゼルの用いたジェスチャ

ベゼルの活かした操作に関する研究は多数行われている [3, 16, 7, 19, 1, 10, 8, 15]。例えば、黒澤ら [8] はベゼルの開始点としてベゼルの通過するダブルクロッシングジェスチャ Bezel Check を提案した。Bezel Check は 1 ストロークの動作にて、データをベゼル上に配置し保存することができる手法である。Rothら [15] は端末のベゼルのタッチすることをジェスチャ開始の合図とする、画面内オブジェクトの選択を行うジェスチャを提案している。ベゼルに異なる色のバーを複数設置し、バーの選択によりテキストの範囲選択およびテキストの単語選択などの機能を使い分けることができる。

B2B-Swipe は、スマートウォッチにおいてベゼル間の距離が短いことに着目したベゼルジェスチャであり、上記の研究とはこの点において異なる。なお、B2B-Swipe はベゼルからベゼルへのスワイプである。そのため B2B-Swipe を行う際、ユーザの指はタッチパネルの端を 2 回クロスすることになる。したがって、B2B-Swipe は一種のダブルクロッシングジェスチャと位置づけられる。

3 B2B-Swipe

B2B-Swipe とは超小型端末のベゼルからベゼルへのスワイプである。ユーザは超小型端末のいずれかのベゼル（開始ベゼル）へ触れ、そのままベゼルの通過しタッチパネル内へと指を動かす。続いて、タッチパネル内を指にて触れたままいずれかのベゼル（終了ベゼル）を通過した後に指を離す。図 1a は下ベゼルから右ベゼルへの B2B-Swipe の模式図である。ユーザは超小型端末の下ベゼルの指にて触れ、そのままタッチパネル内を触れたまま通過し、右ベゼルへスワイプを行う。図 1b は下ベゼルから下ベゼルへ行う、つまり同じベゼルに対して行う B2B-Swipe の模式図である。ユーザは下ベゼルに触れタッチパネル内を触れたまま指を動かす。指をタッチパネル中央付近まで動かし終わると、下ベゼルの方向へ U ターンするように指を動かし、下ベゼルへスワイプを行う。

B2B-Swipe はベゼル数 × ベゼル数通り存在する。実装に用いた SmartWatch 3 においてはベゼルが 4 つあるため、 4×4 の 16 通り存在する。また、ユーザは B2B-Swipe を行う際、各ベゼルの区別が必要があるため、B2B-Swipe は画面が多角形の超小型端末向けのジェスチャである。

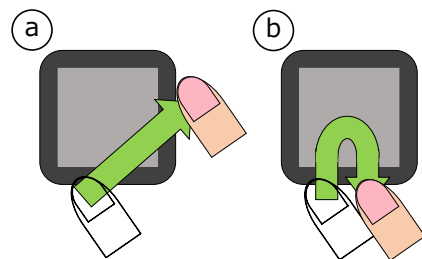


図 1. B2B-Swipe

現実装は B2B-Swipe および Bezel Swipe の判定を、ユーザの指がクロスしたベゼルのタッチイベントから推定することによって行っている。まず開始ベゼルについては、ACTION_DOWN イベントが発生した後、5 回目に発生した ACTION_MOVE イベントの座標と時刻より、ユーザの指の速度を求め、この速度を用いて、ACTION_DOWN イベントが発生した 50 ms 前のユーザの指の位置を求め、どのベゼルに対してクロッシングが行われたか判定している。同様に、終了ベゼルについても ACTION_UP イベントが発生した 50 ms 後のユーザの指の位置を求め、どのベゼルに対してクロッシングが行われたか判定している。この結果、開始および終了ベゼルについてそれぞれクロッシングが行われたと推定される場合、B2B-Swipe が行われたとする。また、開始ベゼルのみクロッシングが行われている場合には Bezel Swipe が行われたとみなす。なお上記の 50 ms は実験的に求めた値である。

4 B2B-Swipe の入力精度実験

B2B-Swipe の入力精度を測定するための被験者実験をスマートウォッチを用いて行った。

4.1 被験者

ボランティアの大学生および大学院生 8 名 (P1-P8, 男性 8 名, 年齢 21-23) を被験者とした。全ての被験者がタッチパネル端末を日常的に使用し, その利用暦は 32-76 ヶ月, 平均 52.75 ヶ月であった。8 名のうち 2 名がスマートウォッチの使用経験があった。

4.2 実験機器

実験に用いたスマートウォッチは SONY Smart-Watch 3 SWR50 (端末サイズ: 高さ 51 mm × 幅 36 mm × 厚さ 10 mm, 画面サイズ: 1.6 インチ, 解像度: 320 × 320 ピクセル, Android Wear 1.1.1) である。

4.3 タスク

被験者にはタスクを図 2a, b に示す姿勢にて行って貰った。タスクの 1 試行を 1 回の B2B-Swipe とし, 16 試行を 1 セッションとした。各セッションにおいて, 16 通りの B2B-Swipe をランダムに 1 回ずつ提示した。提示には三脚に固定されたスマートフォンを用いた (図 2a, c)。



図 2. 実験姿勢および指示画面

被験者は練習タスクとして 4 セッション, 実験タスクとして 8 セッション行った。練習タスクの前半 2 セッションをスマートウォッチ画面を見ながら行う sighted 条件, 後半 2 セッションをスマートウォッチ画面を見ずに行う eyes-free 条件の練習とした。練習タスク中 B2B-Swipe に失敗した場合, 再度同じ B2B-Swipe を行うこととした。実験タスクは, 4 セッションを sighted 条件, 残り 4 セッションを eyes-free 条件とし, 2 つの条件をそれぞれ前半行うか後半行うかについては順序効果を打ち消すため人数が半分になるようランダムに調整した。被験者は合計 192 試行 (12 セッション × 16 通り) B2B-Swipe を行った。また, 被験者は 2 セッションごとに着席し, 少なくとも 30 秒の休憩を取った。実験の所要時間は 1 人当たり 40-61 分であった。

4.4 実験手順

被験者は実験者からスマートウォッチを受け取り, スマートウォッチがぐらつかないように取り付けた。1 名を除き, スマートウォッチを左手首に取り付け,

右手によって操作を行っていた。1 名はスマートウォッチを右手首に取り付け, 左手によって操作を行っていた。被験者は三脚から 30 cm 手前の位置に立ち, 三脚に取り付けられたスマートフォンが目線の高さになるよう確認した。実験中は直立した状態のまま, スマートウォッチを取り付けた腕を地面に対して水平になるよう構えるよう指示した (図 2b)。実験中はスマートウォッチの操作を行う手の親指をスマートウォッチの側面もしくはベルトに添え, 安定した状態にするよう被験者に指示した。スマートウォッチの操作には人差し指のみを用いるよう被験者に指示した。セッション終了時に B2B-Swipe について思ったことおよび感じたことを発言するよう被験者に指示した。また, B2B-Swipe をできる限り正確に行うよう指示した。

被験者への B2B-Swipe の操作指示は図 2c のようにスマートフォン画面に表示される。図 2c に示すように, スマートフォン画面には上, 下, 右, もしくは左の文字が画面中央の右方向の矢印を挟み 2 個表示される。これは左側に表示された文字が表す位置のベゼルから, 右側に表示された文字が表す位置のベゼルへの B2B-Swipe を行う指示である。図 2c の指示は, 上ベゼルから下ベゼルへ B2B-Swipe を行う指示である。B2B-Swipe 実施後, 成功もしくは失敗の表示をマルおよびバツの図形を用いて行う。マルもしくはバツの図形が表示されてから 1.5 秒後に次の指示が画面に表示される。

4.5 実験結果

sighted 条件および eyes-free 条件における B2B-Swipe の成功率を図 3 に示す。sighted 条件において, 成功率は 92.8% (SD=4.00), eyes-free 条件において, 92.4% (SD=4.04) と, sighted 条件の方が高い成功率を示した。ただし, t 検定を行ったところ有意差は認められなかった ($t_7 = -.198, p = .849 > 0.05$)。これらの結果は, スマートウォッチの画面を見ないことによる B2B-Swipe の誤入力が少ないことを示唆している。

判定結果を詳しく分析するために, 両条件における B2B-Swipe の判定結果の混同行列を表 1b, c に

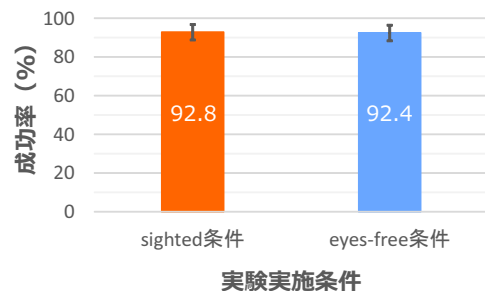


図 3. sighted 条件および eyes-free 条件における B2B-Swipe の成功率

表 1. 混同行列 ID, eyes-free 条件および, sighted 条件における混同行列

a. 混同行列 ID

混同行列 ID	B2B-Swipe 方向
0	いずれにも当てはまらない
1	上から上
2	上から左
3	上から下
4	上から右
5	左から上
6	左から左
7	左から下
8	左から右
9	下から上
10	下から左
11	下から下
12	下から右
13	右から上
14	右から左
15	右から下
16	右から右

b. sighted条件における混同行列

		判定結果																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	
指示したジェスチャ	1	93.8																6.3	
	2		90.6															9.4	
	3			87.5														12.5	
	4				84.4													15.6	
	5					93.8		3.1										3.1	
	6						3.1	93.8										3.1	
	7								96.9									3.1	
	8									96.9								3.1	
	9										93.8							6.3	
	10							3.1	3.1			90.6						3.1	
	11												93.8					6.3	
	12													93.8				6.3	
	13														93.8			6.3	
	14		3.1													96.9		0.0	
	15																84.4	15.6	
	16																	93.8	6.3

c. eyes-free条件における混同行列

		判定結果																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0	
1	93.8																	6.3	
2		87.5	3.1	3.1														6.3	
3			87.5															6.3	
4				84.4														15.6	
5					100													0.0	
6						100												0.0	
7							93.8											6.3	
8								93.8										6.3	
9									96.9									3.1	
10										93.8								6.3	
11											93.8							6.3	
12												87.5						12.5	
13													96.9					3.1	
14		3.1												93.8				3.1	
15																84.4		15.6	
16																	3.1	90.6	6.3

示す。なお、混同行列内の ID を表 1a に示す。このうち 0 番は、B2B-Swipe をしたつもりが、16 通りの B2B-Swipe のどれとも判定されなかった場合を表し、この場合には Bezel Swipe と判定された試行を含む。

B2B-Swipe が異なる B2B-Swipe と判定されるという誤入力率は sighted 条件において表 1b より 0.98% ($5 / 512 = 0.0098$)、eyes-free 条件において表 1c より 0.78% ($4 / 512 = 0.0078$) であった。また、0 番と判定された試行の内、B2B-Swipe が Bezel Swipe と判定されるという誤入力率は sighted 条件において 1.95% ($10 / 512 = 0.0195$)、eyes-free 条件において 0.39% ($2 / 512 = 0.0039$) であった。したがって、これらの結果は B2B-Swipe がアイズフリーにて行えるジェスチャである可能性を示している。

さらに B2B-Swipe が簡単なジェスチャであることを確かめるために、実験タスクの前半と後半との結果を比較した。結果として、sighted 条件および eyes-free 条件に関係なく被験者全員の前半 4 セッションの成功率は 91.8%、後半 4 セッションの成功率は 93.3% であった。t 検定を行ったところ両成功率に有意差は認められなかった ($t_7 = -.826$, $p = .436 > 0.05$)。これらの結果は B2B-Swipe に練習効果がないことを示唆している。つまり、前半セッションのときからすでに成功率が高かったことから、練習を行わずとも B2B-Swipe が使えることを示唆している。

実験後、「本ジェスチャは簡単でしたか？」および「本ジェスチャを行う際に精度を求められましたか？」という 2 つの設問について、5 段階のリッカード尺度を用いてアンケートを行った。その結果、前者に対しては 4.75、後者については 3.75 というスコアが得られた。これらの結果も B2B-Swipe は被験者にとって簡単に理解できるジェスチャであることを示唆している。実験タスク前半および後半セッションの成

功率に有意差が認められなかったことが示されたが、これは B2B-Swipe は練習を多く必要としない手法であることを示している。被験者が B2B-Swipe に発言したもらった内容において、B2B-Swipe に慣れたという発言が練習タスク中 4 人の被験者にあった。また、B2B-Swipe は 5 段階のリッカード尺度のアンケートにて、B2B-Swipe が簡単かという項目において 4.75 という高い数値を示した。これらより、B2B-Swipe は理解しやすく、操作に慣れるまでの時間が短いために練習時間を多く必要としない手法であると考えられる。

4.6 考察

セッション終了時に B2B-Swipe について思ったことおよび感じたことを発言してもらったところ、3 名の被験者 (P2, P3, P4) は eyes-free 条件のほうが楽だったと述べ、1 名の被験者 (P1) は eyes-free 条件と sighted 条件の差異はあまりないと述べた。1 名の被験者 (P7) は最初画面を見ないことに不安を感じていたが、画面を把握できるようになるとアイズフリーで入力したくなると述べた。これらの意見は、sighted 条件および eyes-free 条件にて B2B-Swipe の成功率に有意差が認められなかったことと一貫している。

また、B2B-Swipe が異なる B2B-Swipe と判定される誤入力率が 0.78% であることから、B2B-Swipe のみをタッチジェスチャとして採用すれば、eyes-free 条件においても、ユーザが意図とは異なる操作を実行せずに済むという安全な操作体系を作れる可能性が示唆される。具体的には、B2B-Swipe のみをタッチジェスチャとして採用し、かつユーザに B2B-Swipe の正否をフィードバックする (例: B2B-Swipe 成功時にスマートウォッチを振動させる)。これにより、ユーザは仮に一度 B2B-Swipe の入力に失敗した場合にも、再度同じ B2B-Swipe を入力すれば意図した B2B-Swipe を入力できる。ここで、1 度か

2度の入力によって狙い通りの B2B-Swipe を入力できる成功率を求める。図 3 より, eyes-free 条件における B2B-Swipe の成功率は 92.4%, 失敗率は 7.6%である。よって, 再度 B2B-Swipe を行う確率は 7.6%であり, その成功率は,

$$92.4 + 7.6 \times 0.924 \simeq 99.4$$

となる。

なお, B2B-Swipe への意見として,「B2B-Swipe を行ったつもりだが失敗と表示された。」というものがあつた。また,「タッチパネルのベゼルに触れているつもりだが, スマートウォッチのベゼルに触れた反動により指が浮き, タッチがベゼルから離れた位置にタッチが発生しているのでは。」という意見もあつた。ユーザが失敗したときのデータを見ると B2B-Swipe が失敗した 76 試行中, 開始ベゼルの指定に失敗している場合が 55 試行, 終了ベゼルの指定に失敗している場合は 21 試行, 開始ベゼルおよび終了ベゼル共に失敗している場合は 6 試行であつた。このように開始ベゼルの指定が行われていない場合が失敗の 63%を占めており, この問題に対して, アルゴリズムを改良することによって改善したい。

5 アプリケーション例

B2B-Swipe を用いたアプリケーション例として, アプリケーションマネージャ, および音楽プレイヤーを示す。

5.1 アプリケーションマネージャ

ホーム画面およびアプリケーションの切り替えを行うことができるアプリケーションマネージャを示す。スマートウォッチにてアプリケーションを切り替える際には, 現在のアプリケーションを終了し別のアプリケーションを起動しなくてはならない。アプリケーションの切り替えをジェスチャに割り当てると, 既存のフリックおよびスワイプなどはアプリケーションにて使用するためこれらの機能を割り当てることができない。しかし, B2B-Swipe にこれらの機能を割り当てることにより, 他ジェスチャと区別しアプリケーションの切り替えを行うことが可能となる。切り替えには右ベゼルから上もしくは下ベゼルへの B2B-Swipe によって切り替えることができる。また, 右ベゼルから右ベゼルへの B2B-Swipe には戻る機能を割り当てた。

5.2 音楽プレイヤー

B2B-Swipe を入力手法として用いた音楽プレイヤーを示す(図 4)。ユーザはこの音楽プレイヤーを B2B-Swipe を使ってアイズフリーにて操作することが可能である。音楽プレイヤーは曲リスト選択画面および曲操作画面という 2つの画面により構成されている。B2B-Swipe と実装した機能との対応を表 2 に示す。



図 4. 音楽プレイヤー操作画面

この対応においては, 関連する機能のある 1つのベゼルから行うよう配置することによって, 操作に対する機能の割り当てを覚えやすくする狙いがある。そのため, 上ベゼルを開始ベゼルとする B2B-Swipe はリスト, 左ベゼルは音量, 下ベゼルは曲に関する機能を割り当てた。音量調節については終了ベゼルが音量を上げるとき上ベゼル, 音量を下げるときは下ベゼルとすることにより, ユーザの持つイメージと機能のイメージが一致するよう工夫した。曲送りおよび曲戻しについても, 終了ベゼルを曲送りのときは右ベゼル, 曲戻しのときは左ベゼルとした。

表 2. 音楽プレイヤー機能一覧

曲リスト画面					
ジェスチャ	機能	ジェスチャ	機能	ジェスチャ	機能
	リスト送り		曲選択1		曲選択3
	リスト戻し		曲選択2		曲選択4
曲操作画面					
ジェスチャ	機能	ジェスチャ	機能	ジェスチャ	機能
	リスト送り		曲送り		音量上げ
	リスト戻し		曲戻し		音量下げ
ジェスチャ	機能	ジェスチャ	機能		
	消音	タップ	再生・停止		
	戻る				

6 議論

現在, スマートフォンにおいて画面サイズは拡大する一方, ベゼルは狭くなる傾向にある。この結果, タッチ可能領域は拡大し端末の画面端付近までタッチ可能となっている。さらにはベゼルをタッチ可能とした端末も現れている(例:サムソンの Galaxy Note Edge)。この結果, B2B-Swipe の現実装では, ユーザの指がクロスしたベゼルをタッチイベントから推定することによって行っているが, 今後はより直接的にクロスしたベゼルを取得することが可能になると考えられる。また, スマートウォッチにおいてもサムソンの Gear S2 というベゼルを回転させる操作にて入力語彙を増やすものが登場している。このことから, スマートフォンにおいてもスマートウォッチにおいても我々の B2B-Swipe 同様にベゼルを活

用する技術がより活発に導入され、入力語彙を増やすことに貢献すると考えられる。

また、B2B-Swipe はタップ、スワイプ、および Bezel Swipe などの、超小型端末において既に使われているジェスチャとも共存可能であると考えられる。これは画面が小さくとも、ユーザは画面端と画面中央とを区別して触れられると考えられるためである。このことを確かめるために、今後は、B2B-Swipe とジェスチャとが併用できる状況において入力精度実験を行い、B2B-Swipe の共存可能性を調べる。実際にどの程度の入力精度で共存するかについては今後実験を行い検証する。

今回用いたスマートウォッチの形状は四角形であったが、丸型のスマートウォッチにおいてもベゼルを何分割かすることにより B2B-Swipe を行えるものと考えられる。ただし、ユーザが区別し、B2B-Swipe を行うことができるベゼルの分割数については実験を行い検証する必要がある。

7 まとめ

超小型端末が備えるタッチパネル上において、1本指にて行えるタッチジェスチャB2B-Swipeを示した。B2B-Swipeは超小型端末のベゼルからベゼルへのスワイプである。超小型端末のタッチパネルは小さい、すなわちベゼル間の距離が短いため、ユーザはB2B-Swipeを容易に行える。また、ユーザは指から得られる触覚によって各ベゼルを区別することができるため、B2B-Swipeをアイズフリーにて行うことができる。さらにB2B-Swipeは1本指によって行えるシンプルなジェスチャであるため、センサを追加せず超小型端末上の入力語彙を増やすことが可能である。被験者実験の結果、成功率はsighted条件において92.8%、eyes-free条件において92.4%であった。また、B2B-Swipeが異なるB2B-Swipeと判定された誤入力率はeyes-free条件において0.78%、B2B-SwipeがBezel Swipeと判定されるという誤入力率はeyes-free条件において0.39%であった。これらよりB2B-Swipeはアイズフリーにて行えるジェスチャである可能性を示した。

参考文献

- [1] D. Ashbrook, K. Lyons, and T. Starner. An Investigation into Round Touchscreen Wristwatch Interaction. *MobileHCI '08*, pp. 311–314.
- [2] G. Blaskó and S. Feiner. An Interaction System for Watch Computers using Tactile Guidance and Bidirectional Segmented Strokes. *ISWC '04*, pp. 120–123.
- [3] C. Chen, S. T. Perrault, S. Zhao, and W. T. Ooi. BezelCopy: An Efficient Cross-application Copy-paste Technique for Touchscreen Smartphones. *AVI '14*, pp. 185–192.
- [4] X. A. Chen, T. Grossman, and G. Fitzmaurice. Swipeboard: A Text Entry Technique for Ultra-small Interfaces That Supports Novice to Expert Transitions. *UIST '14*, pp. 615–620.
- [5] J. Han, S. Ahn, and G. Lee. Transture: Continuing a Touch Gesture on a Small Screen into the Air. *CHI EA '15*, pp. 1295–1300.
- [6] C. Harrison and S. E. Hudson. Abracadabra: Wireless, High-precision, and Unpowered Finger Input for Very Small Mobile Devices. *UIST '09*, pp. 121–124.
- [7] K. Hinckley, J. Pierce, M. Sinclair, and E. Horvitz. Sensing Techniques for Mobile Interaction. *UIST '00*, pp. 91–100.
- [8] T. Kurosawa, B. Shizuki, and J. Tanaka. Spatial Arrangement of Data and Commands at Bezels of Mobile Touchscreen Devices. Vol. 2 of *HCI International 2015*, pp. 227–237.
- [9] G. Laput, R. Xiao, X. A. Chen, S. E. Hudson, and C. Harrison. Skin Buttons: Cheap, Small, Low-powered and Clickable Fixed-icon Laser Projectors. *UIST '14*, pp. 389–394.
- [10] I. Oakley and D. Lee. Interaction on the Edge: Offset Sensing for Small Devices. *CHI '14*, pp. 169–178.
- [11] I. Oakley, D. Lee, M. R. Islam, and A. Esteves. Beats: Tapping Gestures for Smart Watches. *CHI '15*, pp. 1237–1246.
- [12] M. Ogata and M. Imai. SkinWatch: Skin Gesture Interaction for Smart Watch. *AH '15*, pp. 21–24.
- [13] J. Pasquero, S. J. Stobbe, and N. Stonehouse. A Haptic Wristwatch for Eyes-free Interactions. *CHI '11*, pp. 3257–3266.
- [14] S. T. Perrault, E. Lecolinet, J. Eagan, and Y. Guiard. WatchIt: Simple Gestures and Eyes-free Interaction for Wristwatches and Bracelets. *CHI '13*, pp. 1451–1460.
- [15] V. Roth and T. Turner. Bezel Swipe: Conflict-free Scrolling and Multiple Selection on Mobile Touch Screen Devices. *CHI '09*, pp. 1523–1526.
- [16] M. Serrano, E. Lecolinet, and Y. Guiard. Bezel-Tap Gestures: Quick Activation of Commands from Sleep Mode on Tablets. *CHI '13*, pp. 3027–3036.
- [17] M. Weigel, T. Lu, G. Bailly, A. Oulasvirta, C. Majidi, and J. Steimle. iSkin: Flexible, Stretchable and Visually Customizable On-Body Touch Sensors for Mobile Computing. *CHI '15*, pp. 2991–3000.
- [18] R. Xiao, G. Laput, and C. Harrison. Expanding the Input Expressivity of Smartwatches with Mechanical Pan, Twist, Tilt and Click. *CHI '14*, pp. 193–196.
- [19] 黒澤 敏文, 志築 文太郎, 田中 二郎. Bezel Check: ベゼル上におけるダブルクロッシングジェスチャ. 第21回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp. 171–172.