

マルチディスプレイを用いた 遠隔コミュニケーションにおける ストローク入力整合方式

川本 亜紀子[†] 中島 一彰[†]

本稿では、複数のディスプレイにまたがって入力したストロークを、連続した1つのストロークになるようにストロークの軌跡を修正し、1つのディスプレイで見たときに連続したストロークとして表示する方式を提案する。電子会議や地図共有などでは、ディスプレイに表示された資料や地図の上を手書きでストロークを入力して相手とコミュニケーションを行う。ディスプレイに表示する資料や地図などのコンテンツに細かい情報が含まれるとき、複数のディスプレイを用いると表示領域が広がり閲覧性が向上する。しかし、ディスプレイ間には隙間領域があるので、複数のディスプレイにまたがってストロークを入力すると、1つのディスプレイで閲覧しているほかの参加者には不連続なストロークとして見えてしまう。そこで、複数のディスプレイにまたがって入力されたストロークに連続性があると判断したら、1つのストロークに修正して表示する方式を考案し、ストロークの連続性を判断するパラメータを求める評価実験を行ったことを報告する。

Adjustment method of stroke input on remote communications with multi-screen

Akiko Kawamoto[†] and Kazuaki Nakajima[†]

We propose a method of displaying a stroke across multiple screens as one consecutive stroke by modifying trajectory of the stroke. A hand-written stroke is inputted over displayed materials and maps in teleconference and map sharing for communication. When the displayed materials and maps are complicated, multiple screens provide us wide display area, and they improve visibility. However, when a stroke is inputted across multiple screens, the stroke is displayed as discontinuous strokes on a device with only one screen. Our method judges consecutiveness of strokes across multiple screens, and display them as one consecutive stroke if they are judged as consecutive one. We assessed our method with an experiment to obtain the parameter to judge the continuousness of strokes.

1. はじめに

外出先でスマートフォンやタブレット端末を使って、遠隔にいる相手とコミュニケーションをとることが一般的になってきた。電話やメール、ツイッターのほか、コミュニケーションを便利にするツールとして遠隔会議や地図共有などのコンテンツ共有が注目されている。携帯している端末を使ってコンテンツ共有ができれば、どこにいても遠隔会議への参加や、地図の共有表示が可能になる。

しかし、携帯端末は小型でディスプレイの表示領域が狭いため、コンテンツを縮小して表示しなければならず、ノート型PCに比べて閲覧性が低下する。そこで、複数の端末のディスプレイを組み合わせるようして表示領域を大型化すれば、細かい情報のコンテンツも容易に閲覧することができる。たとえば、外出先で2台のスマートフォンしか持ち合わせていなくても、タブレット端末並みの大きさの表示領域で地図を表示できるようになる。会議室においても、会議専用の大型タッチパネルディスプレイを用意しなくても、小型タブレット端末を複数台並べて代用することが可能である。

また、携帯端末に限らず、PCに接続する表示一体型液晶タブレットを使用した遠隔会議も登場しているが、表示一体型液晶タブレットには大画面化に制約があり、大画面になると購入金額が高騰する。この場合でも、中小型の液晶タブレットを複数台並べて代替することが可能である。

このように複数のディスプレイを組み合わせることで大きな表示領域での作業が可能になるが、連続して表示されたコンテンツに重畳するようして指やタッチペンなどを使ってストロークを入力するときに、ディスプレイをまたがるストローク入力で問題が発生する。たとえば、会議資料上の注目すべき箇所にマーキングすることや、地図を広げて現在地から目的地までのルートを示す場合に、ディスプレイをまたがる書き込みをすると、相手のディスプレイで途切れたストロークが表示されてしまう。

本報告では、複数のディスプレイにまたがってストロークを入力した場合に生じる問題に着目し、複数のディスプレイにまたがって入力されたストロークに連続性があると判断したら、1つのストロークに修正して表示する方式を提案する。

2. 関連研究

複数台の携帯情報端末（PDA）を用いて、お互いに同じ画面を共有して作業ができるとともに、PDAを組み合わせることで画面の大型化が可能なGDA（Group Digital Assistant）の研究報告1)がある。GDAはPDAを用いた協調作業を支援する基盤として

[†]NEC サービスプラットフォーム研究所
Service Platforms Research Laboratories, NEC Corporation

開発された。1台のPDAにつき、320×320ドットの描画領域と、160×160ドットの表示領域があり、2台のPDAを並べると、320×160ドットの表示画面になる。PDAを並べることによって、描画領域に描画された手書き文字を2台の画面をまたがって表示できる。しかし、この研究報告では、複数のディスプレイにまたがって連続させるようにストロークを入力したときに、接合部分を考慮せずにストロークの入力と画面出力が行われ、整合をとることができない。

また、マルチディスプレイ環境のためのポインティング技術の研究報告²⁾がある。複数のディスプレイをまたぐようにマウスのカーソルを移動すると、ユーザが見るカーソルの軌跡が歪むため、ポインティング中にユーザが違和感を抱くことを問題視している。この問題に対応するため、ディスプレイ間のカーソルの移動距離を計算して、ディスプレイ内のポインティング位置を調整している。しかし、この研究報告では、カーソルの位置を調整することにより、1つのディスプレイで見たときにはカーソルの軌跡が途切れて表示されてしまう。

3. 利用シーンと課題

複数のディスプレイを構成する問題として、ディスプレイ間の隙間領域（ディスプレイを囲む枠の部分）の扱い方が指摘されている²⁾³⁾。複数のディスプレイを使用したコンテンツ共有の利用シーンと発生原因について述べる。

3.1 複数のディスプレイを用いたコンテンツ共有の利用シーン

ディスプレイに表示するコンテンツに細かい情報が含まれるとき、複数のディスプレイを用いて表示領域を広げると閲覧性が向上する。細かい表記が多い例として、地図や会議資料、説明書などがある。

たとえば、2人のユーザが地図の表示を共有するときに、片方のユーザは2つのディスプレイを使用し、もう片方のユーザは1つのディスプレイを使用する場合を考える。図1に示すように、片方のユーザは2台の端末を並べ、2つのディスプレイにまたがって地図を表示する。現在地は左側のディスプレイに、目的地は右側のディスプレイに表示された場合、現在地から目的地までの方向を指し示すには、左側のディスプレイから右側のディスプレイに向かって図1に示すようなストロークを書き込む。このとき、2つのディスプレイを使用しているユーザは連続させるようにしてストロークを入力したが、もう片方のユーザのディスプレイには、ストロークが途切れて表示される。

また、端末本体とディスプレイとの間に段差がある場合は、その段差に指またはタッチペンが引っ掛かり、左側のディスプレイから右側のディスプレイに連続させるようにストロークを入力したつもりでも、右側のディスプレイでは隙間領域からかなり離れた位置から入力され、ストロークが長く途切れてしまうこともある。

上記の問題は、複数のディスプレイを1つの表示領域としてコンテンツを表示する端末と、1つのディスプレイにコンテンツを表示するほかの端末との間で、コンテンツを共有して表示する場合に発生する。または、複数のディスプレイにまたがって連続させるよう入力されたストローク情報が、コンテンツのスクロールや表示倍率の変更などにより、1つのディスプレイの表示領域内に表示された場合に発生する。

たとえば、遠隔会議システムでは、それぞれのユーザが使用する各端末は、同一の会議資料を表示し、いずれかの端末においてその会議資料を背景として上書き入力される線や文字などの描画情報を、会議資料に重畳して表示する機能がある。このとき、一方のユーザが使用する端末は、複数のディスプレイにまたがって会議資料を表示し、各ディスプレイの表示領域に入力可能な端末を使用する。また、他方のユーザが利用する端末は、1つのディスプレイに会議資料を表示する。

ここで、一方のユーザが複数のディスプレイにまたがって連続させるよう入力した描画情報は、他方のユーザの端末において不連続に表示される。また、複数のディスプレイを使用しているユーザが会議資料の表示倍率を下げて、1つのディスプレイ内に会議資料を表示したときも、描画情報は不連続に表示される。



図1 2つのディスプレイをまたがるストロークの例

3.2 隙間領域による描画の不連続化の発生原因

図2の2つのディスプレイを使用した描画の図のように、左側の端末Aにはタッチパネル式のディスプレイaが一体に設けられ、右側の端末Bにはタッチパネル式のディスプレイbが一体に設けられているとする。ディスプレイaおよびディスプレイbは、指またはタッチペンの接触位置を検出することにより、各ディスプレイの表示領域における座標情報をそれぞれ取得する。また、ディスプレイaおよびディスプレイbの各表示領域間には、端末本体の枠による隙間領域があるものとする。指またはタッチペンによって、ディスプレイaおよびディスプレイbにまたがってストロークが入力されると、タッチパネルを介して、それぞれ描画情報を取得する。

ここで、これらの描画情報が、1つのディスプレイに表示された例を図2に示す。

1つのディスプレイに表示された描画の図では、2つのディスプレイにまたがって描画されたストロークが不連続に表示されている。これは、描画情報が、隙間領域を経たストロークにより入力されたためである。なお、この現象は、水平線に対して角度のあるストロークを描画したときに生じやすい。2つのディスプレイにまたがって、水平線と同等の角度でストロークを描画した場合は、横軸の移動だけなので、隙間領域の影響を受けにくい。

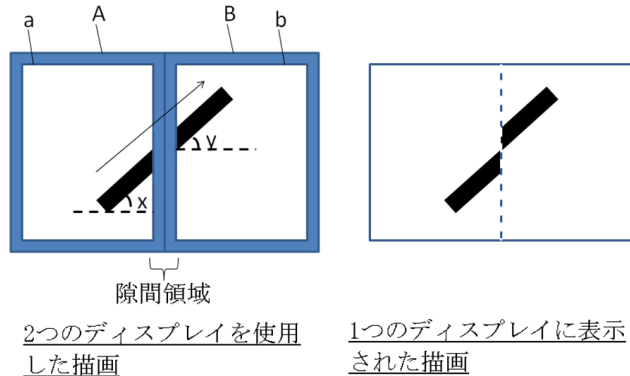


図 2 隙間領域による描画の不連続化

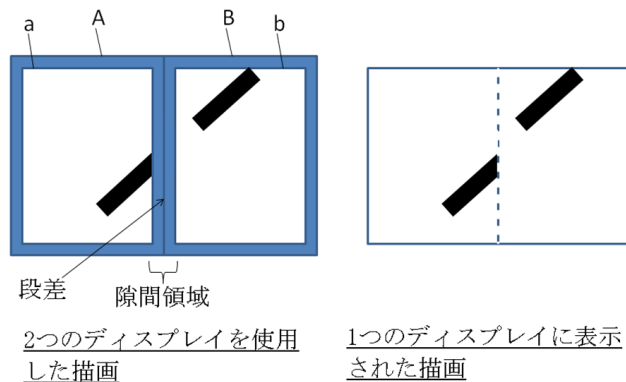


図 3 端末とディスプレイ間の段差による描画の不連続化

3.3 端末とディスプレイ間の段差による描画の不連続化の発生原因

複数のディスプレイにまたがって連続させるようにしてストロークを入力したつもりが、実際には隙間領域から離れた位置に入力されてしまう例を図 3 に示す。端末本体とディスプレイとの間に段差がある場合に生じやすく、ディスプレイ a における入力の後、段差を越えるために指またはタッチペンを持ち上げるため、段差を越えた後にディスプレイ b に接触するまでの間隔が空いてしまう。

4. 提案するストローク入力整合方式

上記の課題を解決するために、複数のディスプレイにまたがってコンテンツを表示する端末において、複数のディスプレイにまたがって入力されるストロークの連続性を判断し、連続したストロークであると判断した場合には、不連続な描画情報を修正し、連続したストロークとして表示可能な方式を提案する。

4.1 ストロークの連続性判断

図 2 に示すように、端末 A 上のディスプレイ a から、端末 B 上のディスプレイ b に対して、矢印の方向に 1 ストロークの入力を行う場合の連続性判断について述べる。ほとんどの場合、ディスプレイ a およびディスプレイ b の各表示領域間には隙間領域が存在するので主に隙間領域があることでの整合方法について述べる。ディスプレイ a および b は、指またはタッチペンの接触位置を検出することにより、ストロークの座標情報を取得する。

このとき、ディスプレイ a では、ディスプレイ a に入力されたストロークの始点の座標および終点の座標を取得する。同時に、始点の入力時刻および終点の入力時刻も取得できる。サーバ経由で描画情報をやりとりする場合は時刻情報をサーバで取得する。コンテンツの共有開始時に端末の時刻をあわせて端末で時刻情報を取得してもよい。座標と入力時刻を用いて、ディスプレイ a に入力されたストロークの入力速度や角度を計算することが可能である。ディスプレイ a での入力角度とは、図 2 の x に示すように、水平線に対するストロークの傾きを求める。

同様に、ディスプレイ b では、ディスプレイ b に入力されたストロークの始点の座標および終点の座標、始点の入力時刻および終点の入力時刻を取得する。座標と入力時刻を用いて、ディスプレイ b に入力されたストロークの入力速度や角度を計算することが可能である。ディスプレイ b での入力角度とは、図 2 の y に示すように、水平線に対するストロークの傾きを求める。

このようにして取得したストロークの座標、入力時刻、入力速度、入力角度などの描画情報を用いて次の(1)~(4)のような判断方法を一つ以上設け、複数のディスプレイに入力したストロークの連続性を判断する。

- (1) ストロークの時間間隔
- (2) ストロークの入力位置
- (3) ストロークの入力速度差
- (4) ストロークの入力角度差

複数のディスプレイを使用可能なコンテンツ共有システムは、ユーザが使用するディスプレイの数およびディスプレイの配置、端末情報を把握しておくことを前提とする。2 つ以上のディスプレイを使用する場合に、隣接する位置に配置されたディスプレイ間をまたがったストロークを連続性の判断対象とする。

4.1.1 ストロークの時間間隔

図 2 に示すストロークはディスプレイ a からディスプレイ b に向かって矢印の方向に入力した場合は、時系列的には、ディスプレイ a で描画情報を取得した後、ディスプレイ b で描画情報を取得するようになる。そこで、ディスプレイ a に入力されたストロークの終点の入力時刻と、ディスプレイ b に入力されたストロークの始点の入力時刻と時間差を計算し、連続したストロークであると判断できる時間差の閾値以下であるかどうかを判断する。この閾値は、コンテンツ共有システムで予め規定しておく必要がある。

閾値の規定方法としては、描画実験から求められる標準値を用いる方法や、ユーザが使用する端末の種別（隙間領域の長さやディスプレイとの段差の有無など）や入力したストロークのサンプリングをとって閾値を求める方法がある。

ディスプレイ a に入力されたストロークの終点の入力時刻と、ディスプレイ b に入力されたストロークの始点の入力時刻と時間差が小さい場合は、連続したストロークである可能性が高いと判断できる。

4.1.2 ストロークの入力位置

ディスプレイ a に入力されたストロークの終点の座標と、ディスプレイ b に入力されたストロークの始点の座標が近い位置にあるかどうか、もしくは、隙間領域に近い位置にあるかどうかを判断する。ディスプレイ a に入力されたストロークの終点と、ディスプレイ b に入力されたストロークの始点が近い位置、もしくは、隙間領域に近い位置にあれば、連続したストロークである可能性が高いと判断する。

このパラメータも、端末 A とディスプレイ a との間に段差がある場合は、ディスプレイ b に対する入力が隙間領域から離れた位置になる可能性がある。ユーザが使用する端末の種別から、ストロークの入力位置が隙間領域から離れることを考慮し、座標の閾値を緩和する措置を施す。

4.1.3 ストロークの入力速度差

ディスプレイ a に入力されたストロークの入力速度と、ディスプレイ b に入力され

たストロークの入力速度を比較し、速度差が閾値以下であるかどうかを判断する。また、ディスプレイ a に入力されたストロークの終点とディスプレイ b に入力されたストロークの始点を結んだ、隙間領域の入力速度を計算して、ディスプレイ a に入力されたストロークの入力速度またはディスプレイ b に入力されたストロークの入力速度と比較して、速度差が閾値以下であるかどうかを判断する。

速度差が閾値以下であれば、連続したストロークである可能性が高いと判断できる。ここで、端末 A とディスプレイ a との間に段差がある場合は、ディスプレイ b に対する入力速度が減速する可能性がある。ユーザが使用する端末の種別から、入力速度の減速が発生する可能性を考慮し、速度差の閾値を緩和する措置を施す。

4.1.4 ストロークの入力角度差

ディスプレイ a に入力されたストロークの入力角度 (x) と、ディスプレイ b に入力されたストロークの入力角度 (y) を比較し、角度差が閾値以下であるかどうかを判断する。角度差が閾値以下であれば、連続したストロークである可能性が高いと判断できる。

このパラメータは、複数のディスプレイをまたがって入力されたストロークの形状によって、適応できない場合がある。ストロークが直線の場合は、隙間領域でも同程度の角度でペンや指を移動しているため問題ないが、ストロークが曲線の場合は、隙間領域で入力角度が変わる可能性があるため、ディスプレイ a での入力角度 (x) とディスプレイ b での入力角度 (y) が同じになるとは限らない。したがって、ディスプレイ a でのストロークの始点から終点までの中間点を取得してストロークの形状を確認してから、判断の有無を決める。

4.2 描画の修正方法

複数のディスプレイにまたがって入力されたストロークに連続性があると判断できたら、それぞれのディスプレイで取得された描画情報を用いて、表示するストロークを修正する。1 つのディスプレイに表示されたストロークの修正例を図 4 に示す。

複数のディスプレイにまたがって入力されたストロークは、1 つのディスプレイには途切れて表示される。たとえば、2 つのディスプレイにまたがって地図を表示し、左側のディスプレイに表示された現在地から、右側のディスプレイに表示された目的地に向かってストロークを書き込んだとき、左側のディスプレイのストロークの始点と、右側のディスプレイのストロークの終点を結んだストロークを表示することが望まれる。したがって、左側のディスプレイのストロークの始点と、右側のディスプレイのストロークの終点位置は固定し、それぞれの点を結ぶようにストロークの軌跡を修正する。

ストロークが直線の場合は、前述のように左側のディスプレイのストロークの始点と、右側のディスプレイのストロークの終点を結ぶようにストロークの軌跡を修正す

ることが望まれるが、曲線の場合も同様に修正すると軌跡が直線になってしまう。ストロークの形状が曲線の場合は、左側のディスプレイのストロークの終点と、右側のディスプレイのストロークの始点を結ぶようにストロークの軌跡を修正する。

ただし、隙間領域上で曲線の移動距離が極端に長い場合は、ユーザの意図とは異なった修正を施してしまう可能性があるため、左側のディスプレイのストロークの始点と、右側のディスプレイのストロークの終点を結ぶように湾曲したストロークに修正する。

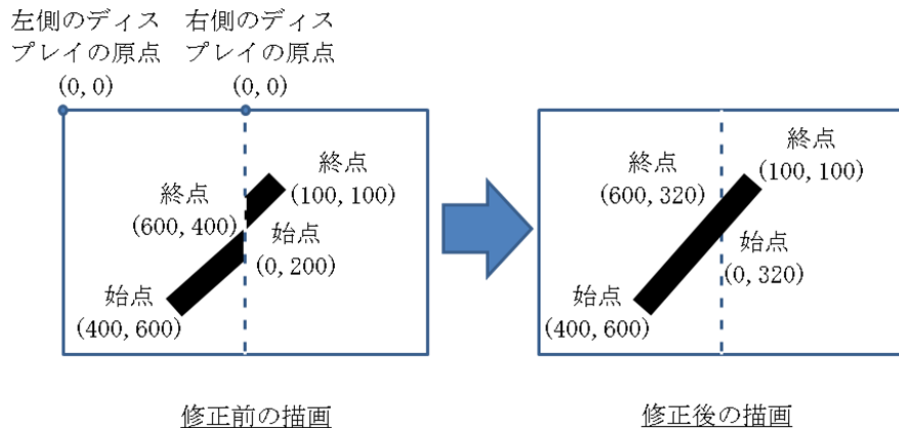


図 4 ストロークの修正例

4.3 整合された描画の表示方法

2人のユーザがコンテンツを共有しているとき、複数のディスプレイを使用するユーザが、複数のディスプレイにまたがって連続させるようにストロークを入力したとする。他方のユーザは1つのディスプレイを使用してコンテンツを表示している。複数のディスプレイにまたがった不連続なストロークをそのまま他方のユーザのディスプレイに表示するのではなく、連続したように修正した描画情報を送り、修正されたストロークを表示する。複数のディスプレイにまたがったストロークはそのまま、複数のディスプレイを使用しているユーザがコンテンツの表示倍率を下げて、1つのディスプレイ内にコンテンツを表示したときに、修正されたストロークを表示する。

5. 評価実験と考察

ストロークの連続性の判断基準を確かめるため、2つのディスプレイを使用したス

トローク入力の評価実験を行った。表 1 に示す3種類の端末をそれぞれ2台ずつ用意し、5人の被験者に、2つのディスプレイを使用してストロークを入力してもらった。

表 1 評価実験に使用した端末の仕様

端末の種類	ディスプレイサイズ (mm)	隙間領域の長さ (mm)	端末とディスプレイの段差(mm)
タブレット端末 A	縦 154 x 横 91	29	0
タブレット端末 B	縦 154 x 横 94	25	1
スマートフォン C	縦 80 x 横 48	11	0

5.1 実験内容

ディスプレイ内のコンテンツを均等に表示させるため、図 5 に示すように、同じ種類の端末を2台並べ、2つのディスプレイに対して指でストロークを入力した。



図 5 評価実験の様子 (タブレット端末 B)

連続するように入力したストロークと、意識的に隙間領域は触れずに非連続に入力したストロークにどのくらい違いがあるのかを確かめるために、2つのディスプレイの隙間領域も連続するように入力した場合と、片方のディスプレイから一旦指を離し隙間領域は触れずにもう片方のディスプレイで入力を再開した場合の描画情報を取得

した。ストロークの入力パターンは、右上に向かうストローク、右下に向かうストローク、左上に向かうストローク、左下に向かうストロークをそれぞれ5本ずつ入力した。

5.2 実験結果

連続するように入力したストロークと隙間領域は触れずに非連続に入力したストロークの時間間隔を端末ごとに比較したものを図6に示す。

非連続に入力した場合のほうがストローク間の時間間隔が長くなり、タブレット端末AとスマートフォンCの結果を比較すると、隙間領域が長いタブレット端末Aのほうが、ストローク間の時間間隔は長くなっている。さらにタブレット端末Aとタブレット端末Bの結果を比較すると、端末とディスプレイの間に段差があるタブレット端末Bのほうが、ストローク間の時間間隔が長くなっている。

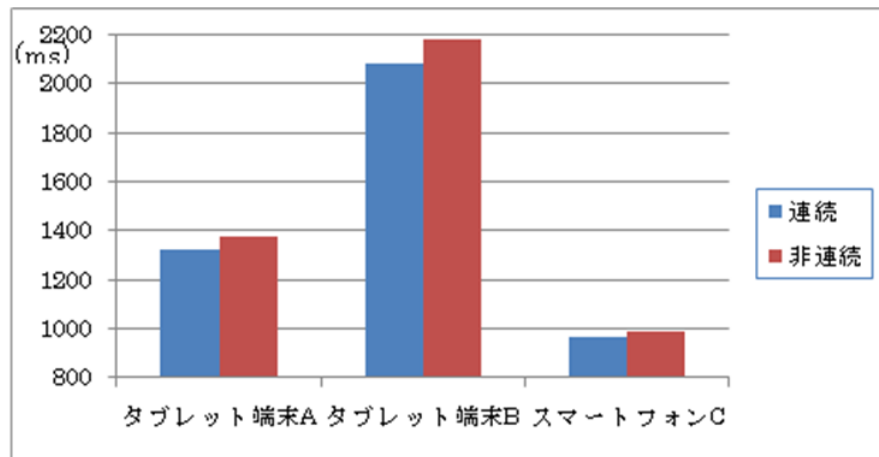


図6 ストローク間の時間間隔

また、連続するように入力したストロークと非連続に入力したストロークの入力位置と隙間領域の距離を端末ごとに比較したものを図7に示す。

すべての端末において、非連続に入力した場合のほうが隙間領域から離れた位置にストロークが入力されている。

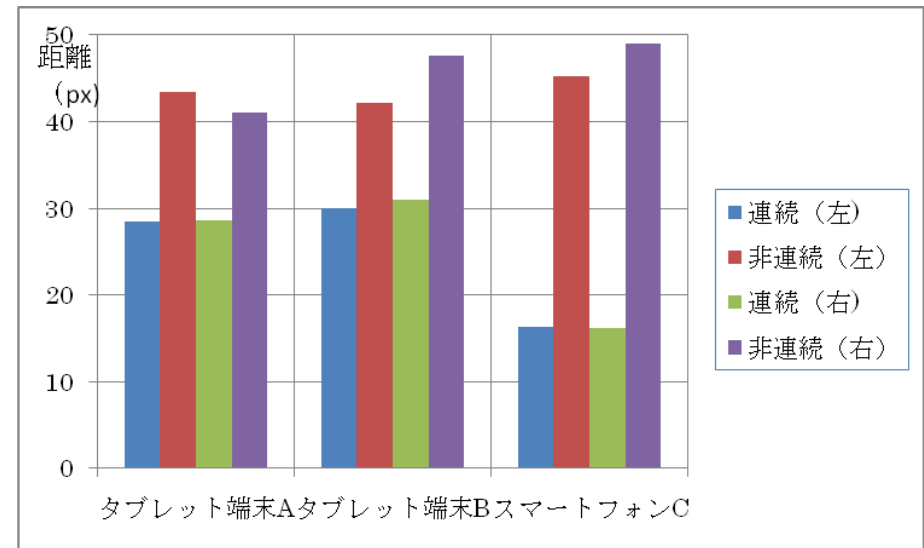


図7 ストロークの入力位置と隙間領域の距離

5.3 考察

使用する端末の種別によってストローク間の時間間隔は大きく異なる。ストロークの連続性の判断方法としてストローク間の時間間隔を用いるためには、ユーザが使用する端末の種別をもとに、隙間領域の長さや、端末とディスプレイ間の段差を考慮して閾値を設定することにより、ストロークの連続性の有無を正確に判断できる可能性が高い。

また、ストロークの連続性の有無を正確に判断するためには、複数の判断方法を規定し、ユーザが使用する端末の種別によって、判断方法の優先度を決めて総合的に判断するとよい。ストロークの時間間隔が閾値以下だったら、次に入力位置を比較し、次に入力速度、入力角度を比較し、ストロークの形状によって修正方法を選択する。

端末とディスプレイ間に段差がない端末を使用する場合は連続するように入力したストロークと非連続に入力したストロークの時間間隔の差が小さく閾値による判定が難しいため、ほかの判断方法に切り替えたほうがよいことが分かった。スマートフォンCの場合は連続するように入力したストロークと非連続に入力したストロークの入力位置と隙間領域の距離の差がタブレット端末に比べても大きいので、ストロークの入力位置の判断方法を用いるのがよい。

6. おわりに

本稿では、複数のディスプレイにまたがって入力したストロークを、連続した1つのストロークになるようにストロークの軌跡を修正し、1つのディスプレイで見たとときに連続したストロークとして表示する方式を提案した。ストロークの連続性を判定するには、ディスプレイ間の隙間領域の長さや端末とディスプレイ間の段差を考慮して閾値を設定し、ユーザが使用する端末の種別によって判断方法を選定する必要がある。

今後の課題としては、複数のディスプレイを使用するときに、ディスプレイの配置を自動的に取得する方法や、ディスプレイ間の隙間領域の正確な長さを取得する方法を検討する予定である。

参考文献

- 1) 野田 敬寛, 吉野 孝, 宗森 純, GDA: 複数の無線通信方式が利用可能で画面共有できる PDA, 情報処理学会研究報告 GN-45, pp.17-22, 2002
- 2) Robertson,G., Czerwinski,M., Baudisch,P., Meyers,B., Robbins,D., Smith,G and Tan,D., The Large Display User Experience, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.2-9, 2005
- 3) 近間 正樹, 門林理恵子, 福永 香, 下條 真司, マルチディスプレイと携帯電話を利用した高解像度コンテンツの閲覧システム, 電子情報通信学会技術研究報告 MVE2009-134, pp.23-27, 2010