

周辺状況を触覚フィードバックするタッチパネルインタフェースの開発と評価

Evaluation and development of a touch panel interface that provides tactile feedback depending on the surroundings

越智 雅俊† 田村 仁‡

Masatoshi Ochi Hitoshi Tamura

1. はじめに

現在,日本では電動車いすの事故が毎年 200 件以上発生している.日本交通管理技術協会の資料によると事故の原因としていくつかの要因が考えられるが[1],このうち,私たちは「電動車椅子の車両感覚と自己の位置が把握しにくい」と「操作時の疲労や直感的に操作できないためのミス」の 2 つに着目し,高齢者は疲労が溜まると「周囲の状況を確認する」,「電動車いすを操作する」という 2 つの動作を同時に行うことが難しくなるためであると考え,2 つの動作を 1 つのインタフェースにまとめ,周囲に障害物などがある場合,その位置を触覚としてフィードバックを行い障害物に接触しない操作だけを許容するインタフェースを製作し検証することを目的とする.

2. インタフェースの検討

一般的な電動車いすのインタフェースとしてはジョイスティックがあるが,操作性の向上や直感的な操作に対応するため,タッチパネルなど様々なインタフェースが提案されている.タッチパネルは,コンピュータや携帯デバイスの操作用インタフェースとして広く普及しており,その中でも複数の点を認識できるマルチタッチ方式が主流になりつつあるが,これらタッチパネルインタフェースの問題点は触覚フィードバックが存在しないため,目で確認しながら操作する必要がある点である.また,ジョイスティックやタッチパネルといった一般的な操作系では障害物のある方向にでも操作可能であり,事故や衝突の可能性がある.電動車椅子をタッチパネルで操作する場合には,先程述べた触覚フィードバックの欠如により,進行方向指定や触る位置の補正などに誤操作の問題が生じる.

触覚をフィードバックするタッチディスプレイの研究には以下のものがある.タッチパネルの背面にアクチュエー

タを設置し,振動させることで触覚フィードバックを行う福本らの Active Click は[2],接触,非接触の場合のみ判断しているため,誤操作も許容してしまう欠点がある.ボタンの形状に合わせてタッチパネル自体を上下に動かす Tactile Driver[3]では,画面の覗き込み,両手を使用して操作を行うため,電動車いすのインタフェースとしては向いていないと考えられる.パネルの固定具合に着目し,押し込み可,押し込み不可の場所を自然な触覚フィードバックで実現した研究がある[4].

本研究では,タッチパネルの押し込み可,押し込み不可の場所を自然な触覚フィードバックで実現し[4],電動車いす操作向けのインタフェースとして製作を行う.

3. 表示画面

周辺状況をタッチパネルインタフェースに表示させるには,1 つの部屋をデータ化し,通路と障害物を明確にしたマップを作成し,プロジェクターを用いて表示させる.目的地をタッチし押し込む(クリック)することで目的地までの進行過程に障害物が存在しない場合は目的地まで自動で電動車いすの誘導を行う.図 1 は周辺状況をタッチパネルインタフェースに表示させたイメージである.

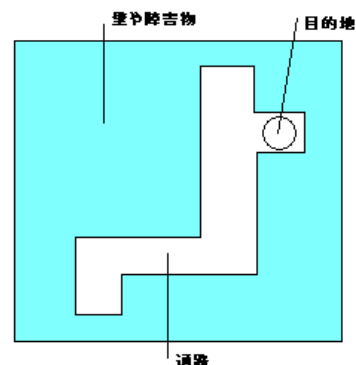


図 1 作成した周辺状況マップ

4. システムの構築

障害物を検知するには,視野が広く小型で,明るさの変化に影響を受けないレーザーレンジファインダをタッチパネルと組み合わせ,レーザーレンジファインダで検出

† 日本工業大学 大学院 工学研究科 情報工学専攻

‡ 日本工業大学 工学部

した障害物をタッチパネルに触覚フィードバックを行う。タッチパネルの実装には、安価で製作できプロジェクターを使用することで容易に絵をプロジェクションすることができる FTIR 方式を採用する。FTIR 方式とは、アクリル板の側面から赤外線 LED を当てると、赤外線光がアクリル板中を全反射する。アクリル板の表面に触れると、全反射をしている光が拡散光として、接触面の反対側に漏れる。その拡散光をカメラで取得することで接触点を認識する方式である。

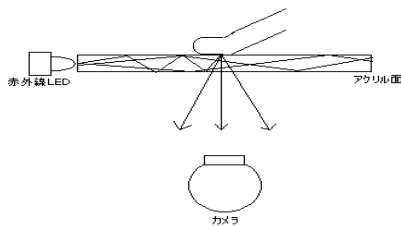


図 2 FTIR 方式

触覚フィードバックの実現方法はタッチパネル上に点字を提示する方法やいくつかのブロックを並べて操作可能な部分を浮き上がらせるものが考えられるが、どれも装置が大掛かりなものになってしまうため、小型化が容易である電磁石を使用して製作する。

図 2 はハードウェア全体図である。FTIR 方式で、押し込み可能領域で押し込めるディスプレイを製作する。そして赤外線 LED をアクリル板の 2 つの側面から光を入れられるように取り付ける。また、指でタッチすることによりアクリル板から漏れる光を撮影するために赤外線カメラを設置する。アクリル板の下には映像投影用のスクリーンを設けて、プロジェクターで投影する。アクリル板を固定するための電磁石はアクリル板の両外側に 3 個ずつ設置し、電磁石は通電されると、アクリル板に取り付けている鉄棒を引き寄せ、アクリル板を固定できるようにする。



図 3 ハードウェア全体図

図 3 はタッチパネルインタフェースのシステム全体図である。制御用の PC をプロジェクター、赤外線カメラ、マイコンに接続し、指検出プログラム、タッチパネルへの画面描画などのプログラムを制御する。ソレノイドの制御はマイコンを通して制御する。

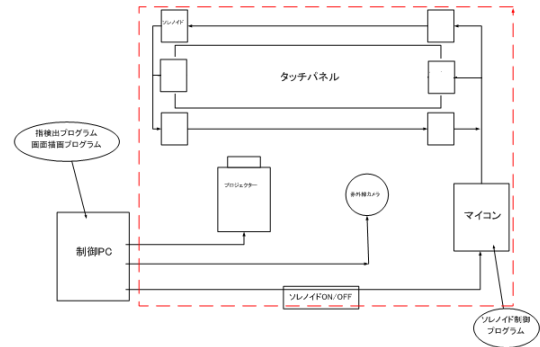


図 4 システム全体図

5. 触覚フィードバックの実現

本研究はタッチディスプレイの表面を実際に押し込める構造を設置し、押下感を表現する。さらに押せない場所と押せる場所をユーザに分からせるため、パネルを上下方向に固定するかしないかを変化させる。設置方法としては、図 4 のようにソレノイドを縦向きに設置して、電磁石に通電されると鉄棒がタッチパネルを上方向に引き上げ固定されタッチパネルが押し込み不可になる方法。

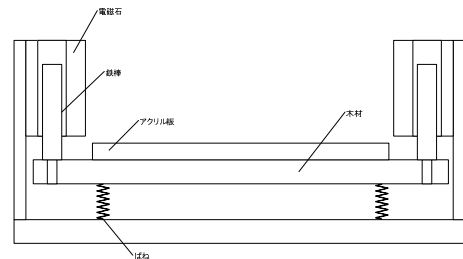


図 5 電磁石の設置方法

6. ソフトウェア実装

タッチパネルインタフェースを構築する為には、操作面に触れている指先を抽出する必要がある。そのために画像処理でタッチして指の重心座標を測定。

図 6 のように、レーザレンジファインダの出力を表示し青く検出されていない部分は障害物が存在しないためクリックすることができ、白く検出されている部分は障害物が存在するためクリックすることができない。

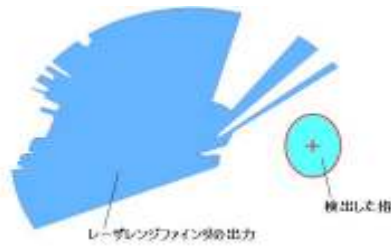


図 6 インタフェース

4. 画面操作方法

操作は、図 7 のように、クリック可能領域をクリックした場合は電磁石には電流が流れず図 8 のように押し込むことができる。図 9 のようにクリック不可能領域をクリックした場合は電磁石に電流が流れ図 10 のように押し込むことができない。電動車椅子、カートの操作には、タッチパネルにレーザレンジファインダで検出した様子を投影し、障害物を検出している部分だけを押し込み出来ないようにする。

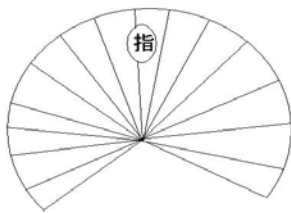


図 7 クリック可能な表示画面



図 8 クリックしたイメージ

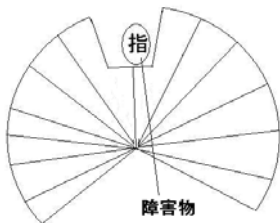


図 9 クリック不可能な表示画面



図 10 クリックできないイメージ

5. 実験方法

タッチパネルの操作ミスや操作性を検証するために次のような実験をした。

5-1 精度実験

タッチパネル上の指定した位置を 10 回タッチし指定した座標と実際にタッチした座標の誤差の最大と平均をとる。

5-2 パターン実験

触覚フィードバックで周辺状況が把握可能かを検証するため、以下の 5 つの条件の下に実験を行った。

- (1) 障害物の配置パターン 5 つ用意する。ラインは 1m 間隔
- (2) 被験者には障害物とレーザレンジファインダの状況を見えないようにする
- (3) 被験者には指定した時間の中でタッチパネルを使用して周辺状況を確認
- (4) 確認後、被験者に障害物の位置をスケッチしてもらい用意した配置パターンと比較
- (5) これを 3 回セット行う

6. 実験結果

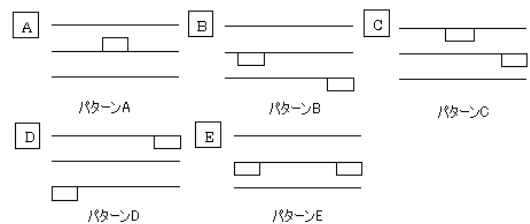


図 11 パターン図

6-1 精度実験

表 1 精度実験結果

座標	X	Y
誤差の最大	8	8
誤差の平均	3	5

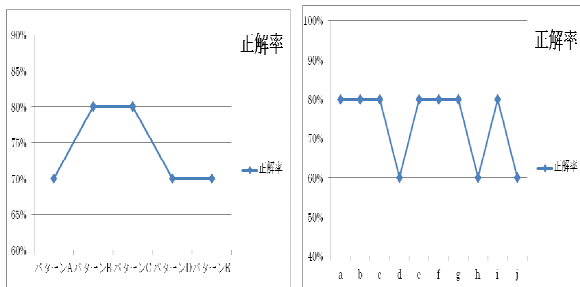
数値はドット

カメラの解像度は 320×240 であり、誤差の平均は±3×5 であった。しかし誤差は特定方向には偏っていなかった。

6-2 パターン実験

被験者 10 名に実験を行い、グラフを作成した。

図 5 パターン実験結果



パターン毎の正解率

人毎のパターン正解率

パターン B, C のような 2 つの障害物が左右に余り離れていない配置では認識しやすいのに対して、2 つの障害物の左右の間隔を大きくすると障害物までの奥行きがわかりにくいという結果がでた。

また、実験後で改善すべき点は反応速度の向上である。今回作成したプログラムでは、タッチパネルに触れてから電磁石を制御するまでに僅かなタイムラグがあり、そのため被験者の中には電磁石が制御される前に指を離してしまい障害物の位置を正確に把握出来ない者もいた。

7. 今後の課題

今後の課題としては以下の 5 点が挙げられる。

- ① タッチしている場所が不明
- ② クリック感が極端
- ③ 電磁石の反応速度
- ④ 自動でマップの作成
- ⑤ 現在位置の取得

以上の問題点を解決策としては、タッチしている場所が不明という問題にはタッチパネル上に触っただけで分かる目印を配置。クリック感が極端という問題と電磁石の反応速度の問題には、電磁石をモーターに取り替えることで段階的に制御できるようにし、プログラムのマルチスレッド化を行い反応速度の向上。自動でマップの作成と現在位置の取得の問題には、自己位置推定と部屋のマッピングを同時に行う SLAM を使うことで解決。

8. おわりに

電動車いす用のタッチパネルインタフェースを構築し

た。実験では電動車椅子の事故の原因の 1 つである「操作時の疲労や直感的に操作できないためのミス」に着目し操作性、操作ミスの割合の比較を行った。実験では、指検出の精度は問題なく障害物検知は障害物のある方向をフィードバックは実現できている。今後の展開としては上記の問題点を解決し、現状のままでは搭載するには大型過ぎるので小型化を行い、電動車いすに搭載することを目指し、実用性、操作性を検証し、改良を行う。

参考文献

- [1]財団法人 日本交通管理技術協会 “電動車椅子の安全利用の手引き” 警視庁 HP 電動車いすの安全利用に関するマニュアルについて
- [2]福本雅朗, 杉村利明, ” タッチパネルにクリック感を付加できる ActiveClick” 情報処理学会シンポジウムシリーズ 2001(5), 25-26, 2001
- [3]星野剛史, 塚田有人, 峯元長: “TactileDriver: 触感を忠実に再現するタッチパネルシステム”, 第 10 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(WISS2002), 日本ソフトウェア科学会, 2002.
- [4]棚瀬, 島田, 長松, 鎌原, 赤澤, ” パネルの遊びから押せる場所が分かるタッチディスプレイの開発”, 情報処理学会第 7 3 回全国大会講演論文集, pp. 315-316, 2011.
- [6]平間浩二 「Web カメラを用いたマルチポイントインタフェースの構築」 日本工業大学 工学部 情報工学科 田村研究室 2008 年度卒業論文