

触覚で重度視覚障害者のパソコンの世界が広がる

重度視覚障害を持つPCユーザのための触覚を利用した直接操作型インタフェースを目指して

産総研人間福祉医工学研究部門は、電気通信大学及びケーゲーエス株式会社と共同で、表示面を指や掌で触知しながら、触り加減で色々な入力操作もできる、重度視覚障害者用触覚ディスプレイの試作機を開発した。本装置は、ピンマトリクス上にリアルタイムで触覚パターンを表示する機能と、表示面にユーザの指や掌が接触して生じる力やトルクを検出し、接触位置を推定する機能を備えている。これらを組み合わせることによって、触覚フィードバック情報を参照しながら、表示面上で描画やマウスのような操作を行うことが可能となる。

研究の背景

情報化時代といわれる現代においては、情報機器を介して情報にアクセスすることが、色々な生活場面で必要になっているが、そうした情報機器の多くは、GUI（グラフィカル・ユーザ・インタフェース）を採用している。このことは、視覚情報を利用できない重度視覚障害者にとって、大きな障壁となっている。重度視覚障害者とは、障害程度等級の視覚障害1級及び2級該当者で、2002年の厚生労働省統計では179,000人と報告されている（18歳以上）。

文字あるいは文字化できる情報は、合成音声による読み上げや点字端末への表示によってアクセスできるが、それ以外の視覚情報にアクセスすることは、Webアクセシビリティに絡んで、図や写真には説明文を付けるなどの対応が図られつつあるものの、現状では未だに困難である。そのような視覚情報を伝える手段の一つとして、触覚ディスプレイは開発されて来た。これまでの研究開発では、主として表示機能の向上に力が注がれて来たが、これからは次の段階、重度視覚障害者が図形や画像情報に馴染むための環境、受け取るだけでなく作成し、利用し、発信するような環境の整備が必要である。また、開眼手術を受けた人が、「見て解る」迄に数年を要するように、「触って解る」迄には相当の経験的知識の蓄積が不可欠である。本研究は、そうした知識獲得や、さらにはユーザ自身による触覚固有の表現の発案を支援する道具としての意義を持つ。

本研究開発は、そのような環境構築のための一つの基盤作りを目的として、経済産業省の2003年度地域中小企業支援型研究開発制度の助成を得て実施された。

目標を設定する

マトリクス状に配置されたピンを、圧電セラミックの薄板を芯材の両側に接着した圧電型バイモルフ・アクチュエータ（圧電セラミックの薄板を芯材の両側に接着し、極性の切り換えによって両側に撓む性質を利

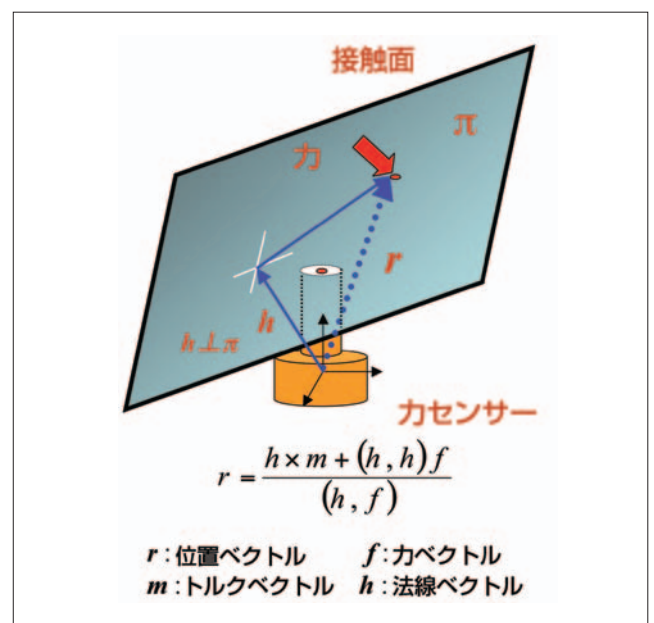


図1 センサー中心から作用点への位置ベクトルと力との外積がトルクであることを利用
 実際には、平面上の座標系への変換、歪の補正などが必要となる。

用したもの)により独立に上下に駆動し、触覚パターンを形成する研究開発は、1950年代から行われて来た。昨今ARやVRの世界でも触覚や力覚への関心が高まり、色々な駆動方式の研究開発が行われているが、時空間応答性では未だ旧来の方式に一日の長がある。ある程度熟成されたこの技術の利用を前提に、我々は次のような目標を設定した。

- 手指あるいは手掌による触圧行動のみから、入力的基础となるデータを取り込む(同一モダリティでのインタラクション)。
- 触覚ディスプレイと接触行動検出の2つのモジュール構成とする(構造の単純化)。
- 表示出力に見合う位置推定精度と時間応答性を実現する(スムーズなインタラクション)。

先ず上記目標を達成するハードウェアと2つのモジュールを結び付ける基本ソフトウェアを単年度プロジェクトで試作し、その過程で発生した様々な問題の解決やインタフェースの構築は、プロジェクト終了後も研究協力体制を維持して実施することとした。

動作の仕組み

力とトルクを検出できるセンサーと剛性の高い支持板を一点で強固に固定し、支持板上の任意の点を押すと、理想的な状況では、力、トルクおよび接触位置の間に単純な関係が成立し(図1)、押し方に拘わらず、接触位置を算出することができる。ただし、ここでの接触位置は、接触領域の平均荷重位置ということになる。今回の試作機では、この原理を利用して、支持台の上に触覚表示モジュールを搭載して固定し、表示面

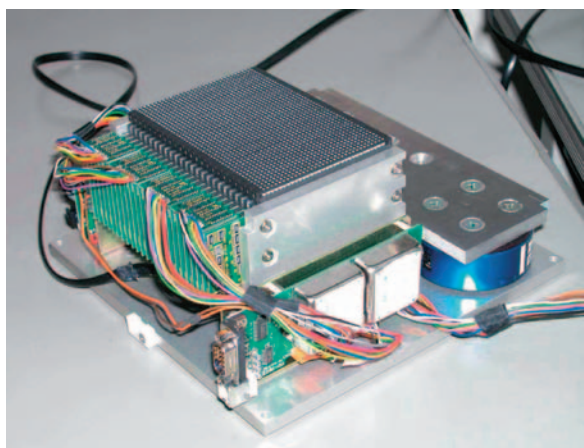


図2 カバーをはずした装置

表面に粒々があるのが触覚表示モジュール。右下方の短い筒状のものが6軸力センサー。現在は、触覚表示モジュールの真下にある。

への接触によって生じる力とトルクから位置計算を行い、取り付け精度や構造に起因する歪みなどにより附随する位置ズレ補正を施すことで、接触位置の推定を行っている。

支持台に搭載されている触覚表示モジュールは、2.4ミリ間隔で32×48のマトリクス状に並んだ1536本のピンを上下して、色々なパターンを表示することができる。ちなみに、このモジュール単体が点図ディスプレイとして、現在市販されている。図2は、2つのモジュール構成を示しているが、実際にはセンサーは触覚表示モジュール直下付近に潜り込んでいる。

目標は達成されたか

今回の試作の状況がかなり良好であったため、位置ズレの補正は、画像歪み補正に使われている簡便な射影変換あるいはアフィン変換で充分カバーできる範囲であった。550gの錘を使って加重した際の補正前、射影変換による補正後の推定位置を、図3に対比して示す。ちなみに、補正後の位置と真の位置との最大のズレは1.39ミリであったが、その1点を除いた12点での最大のズレは、総て1ミリを下回っており、ピン間隔の半分未満となっている。また、ボールペンの先でピンを押し込むと、押されたピンの位置がほぼ復元された。しかしながら、これは極めて理想的な状況であり、現在水平方向分力を加えた厳密な評価実験を実施中である。

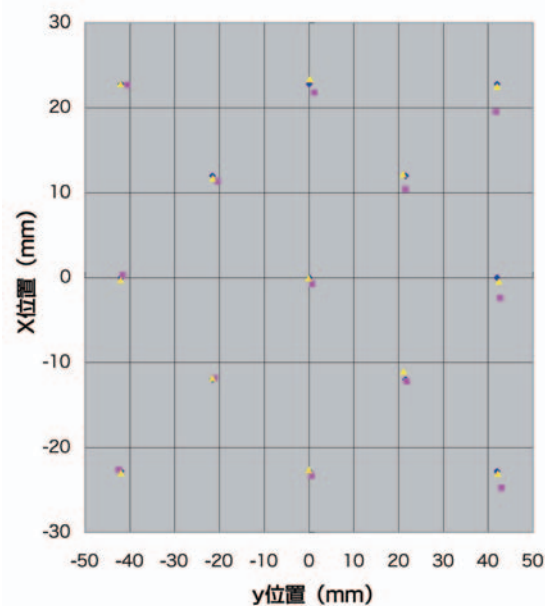


図3 射影変換による補正例

補正前(ピンク)は多少の歪を伴って右肩下がりとなっているが、補正後(黄)は、殆ど加重位置(紺)に重なっている。

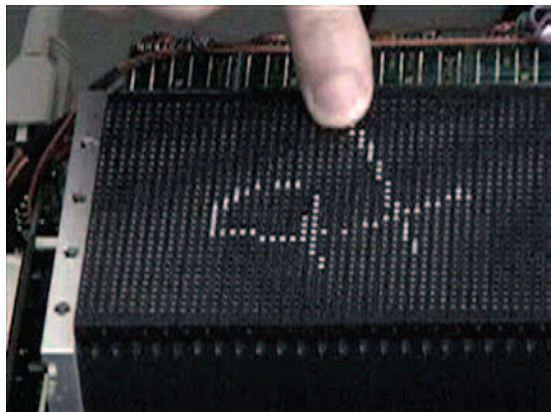
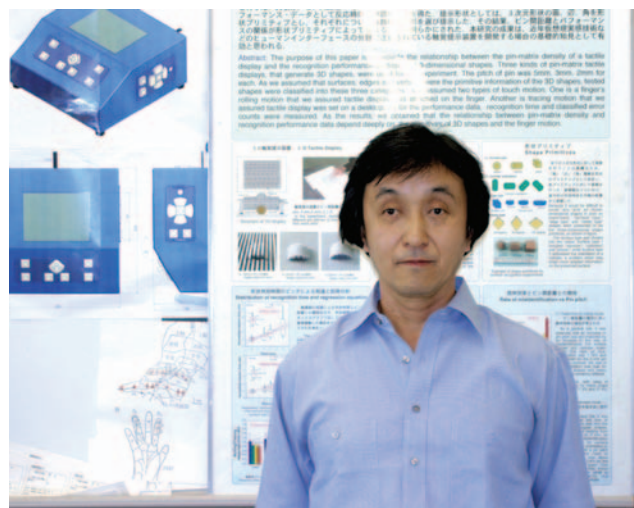


図4 触覚フィードバックのみで書かれた平仮名の「や」
軽くなぞってストローク位置を確かめながら強めに描画する。「福
笑い」状態に陥ることなく、十分に判別できる仕上がりであった。

触覚表示モジュールでは、毎秒20パターン以上をリフレッシュすることができる。これをマウス操作における視覚フィードバックのように利用するためには、上記位置情報の算出が十分に短時間で行われねばならない。色々な物理的ノイズを除去するためのフィルターの設計も含めて、PCとのインタフェース仕様の根本的な見直しを予定している。取り敢えず現時点では単純な移動平均処理のみに止め、接触によって生じる垂直分力を適当なしきい値で振り分け、しきい値より小さい力で表示面をなぞると位置情報を返さず、それ以外では接触軌跡をピンの浮上で追跡表示する機能を作成した。この機能は、線図形の自由描画と消去、あるいは対象のドラッグなどに直接応用することができる。図4は、視覚を使わずに指で平仮名の「や」を描いた結果である。触覚フィードバックがないと、字形は分っていても、ストロークの位置取りができない。「福笑い」を連想していただきたい。接触動作に対する時間応答性が低いと、作業の円滑性を損ねることになる。現在は、通信上の制約から多少ゆっくり描画をする必要があるが、これもいずれ解消可能な問題である。定量的な評価は継続中であるが、単年度プロジェクトの目標は概ね達成されたと考える。

今後に向けて

直近の課題は昨年度に構築された基本機能の充実であり、とりわけハードウェアの安定性、頑健性の向上である。現在、見直しのための知見を得るべく、先にも記したような評価実験に入っている。また、コンパ



人間福祉医工学研究部門 身体・生態適合性評価技術グループ
篠原正美 主任研究員

クトな匡体の実装した場合の部品間の干渉や、本来このような使われ方を想定して作られていない触覚表示モジュールの構造的脆弱性の解消など、泥臭い問題も残されており、現在改善バージョンの仕様を検討している。そうした作業に並行して、基本的なユーザ・インタフェースの検討も行われている。試作機には複数のボタンとジョイスティックが備えられており、マウス・エミュレーション、表示スクロール、表示の縮小/拡大などの画面操作が、それらを使って実行できる。それらの一部を、手指や手掌の接触動作で置き換えるために、基盤となる接触行動の識別可能性が検討されている。

これまでは、機器そのものの話題に終始してきたが、ユーザとインタフェース機能との適合性の問題を見落としてはならない。例えば、指先は粘弾性体で接触状態に応じて変形するため、押し方で推定位置が変化する。タッチパネル操作時に視差が誤動作を産むように、ユーザの意図した位置と推定位置との分離が誤動作を産むようなことは避けねばならない。当該装置は、そうした人間の行動特性を計測する手段として、触覚インタフェースの設計にも貢献することが期待される。

●問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所
人間福祉医工学研究部門
身体・生態適合性評価技術グループ 主任研究員 篠原 正美

E-mail : m-shinohara@aist.go.jp
〒305-8566
茨城県つくば市東 1-1-1 つくば中央第6