

3Dタッチパネル技術

佐々木雄一*
宮原景泰*
川又武典*

3-Dimensional Touch Panel Technology

Yuichi Sasaki, Kageyasu Miyahara, Takenori Kawamata

要旨

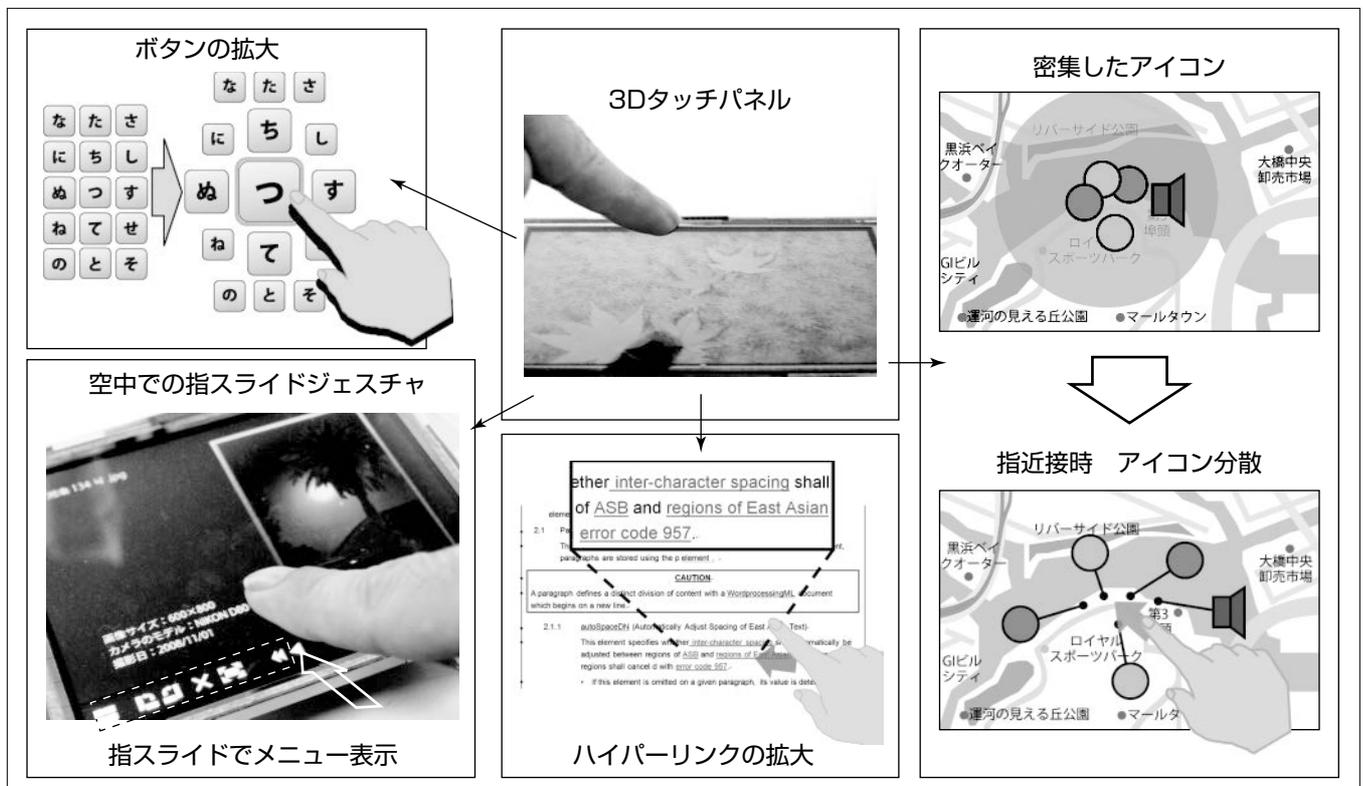
近年、スマートフォンやタブレットパソコン等、静電容量方式のタッチパネルを搭載した情報端末が増加している。このタッチパネルは、軽いタッチで反応し、耐久性に優れているという理由から、今後も更に広く普及していくものと考えられる。

タッチパネルで指による操作をする場合、ジェスチャ操作で直感的に操作することができる反面、ボタンやハイパーリンク等が狭い領域に密集しているために、選択ミスが発生しやすいという課題があった。これは、操作領域を大きくして指操作に適したコンテンツにすることで解決可能であるが、一覧性が低下する。

そこで、三菱電機ではタッチパネル面から離れた位置に存在する指を検知することで、ユーザーが操作しようとしている領域を動的に拡大表示し、一覧性を保ったままで選択ミスを抑制する3Dタッチパネルを試作した。

3Dタッチパネルは、ITO(Indium Tin Oxide:酸化インジウムスズ)センサ電極で構成される静電容量(投影容量)方式のタッチパネルを用いている。指の近接を検知する場合は、検出感度を高めるために複数電極を結合して用い、指の接触を検知する場合は、高い分解能で位置検出するために電極を分離する。この動的な電極結合制御方式を開発した。さらに、電極間の寄生容量を低減させるシールド電極制御や、3次スプライン補間による座標計算を適用した結果、タッチパネル面から20mmの高さにある指の近接が検知可能となり、指の近接、接触位置を実用的な精度で検出できることを確認した。

今後は、より遠方の指を検知できるように感度を向上させるとともに、3Dタッチパネルで指の近接を活用したユーザーインターフェースについても検討を行う予定である。



3Dタッチパネル技術の応用例

3Dタッチパネル技術は、一般的なITOセンサ電極で構成される静電容量方式のタッチパネルを用いて、タッチパネル上20mmに近接している指の位置を検出することを可能とする。指の近接を検知してユーザーの操作予測を行うことで、例えば、近接位置周辺のボタンやハイパーリンクの拡大、空中で指をスライドするジェスチャによるメニュー表示、密集したアイコンの動的な分散等、タッチパネルの操作性向上に幅広く役立てることができる。

1. ま え が き

近年、スマートフォンやタブレットパソコン等タッチパネル付きの情報端末が増えている。タッチパネルの指検出方式には、抵抗膜方式や静電容量方式、赤外線方式、超音波方式等様々な種類があり、用途に応じて最適な方式が採用されている。この中で、静電容量方式は、タッチパネルと指との間に生じる静電容量を検出するもので、非常に軽いタッチで入力操作が可能であり、耐久性に優れているため、今後も広く普及していくものと考えられる。

タッチパネルで指による操作をする場合、ジェスチャ操作で直感的に操作することができる反面、ボタンやハイパーリンク等が狭い領域に密集しているために、選択ミスが発生しやすいという課題があった。これは、操作領域を大きくして指操作に適したコンテンツにすることで、選択ミスを少なくすることができる。しかし、この方法では、操作領域が大きくなる分、他の情報を表示できなくなり、一覧性が大きく低下する。

そこで、当社では指の近接を検知し、ユーザーが操作しようとしている領域のみを動的に拡大表示することで、一覧性を保ったままで選択ミスを抑制する3Dタッチパネルを試作した。

2. 投影容量型タッチパネルの指検出原理

静電容量方式のタッチパネルには表面容量型と投影容量型の2種類の指検出方式がある⁽¹⁾。3Dタッチパネルは、投影容量型の指検出方式に基づいており、この章では、この投影容量型タッチパネルの指検出方法について述べる。図1が投影容量型タッチパネルのセンサ電極の構成である。一般的にセンサ電極は、抵抗値が均一で透明な導電体であるITOが用いられる。各電極はXYの重なり部分を最小にするため、ダイヤモンド型を連ねた形状となっている。本稿では、この形状を一本のセンサ電極として簡易化して図示する。

検出回路は、指の静電容量を検出するために、まず、タ

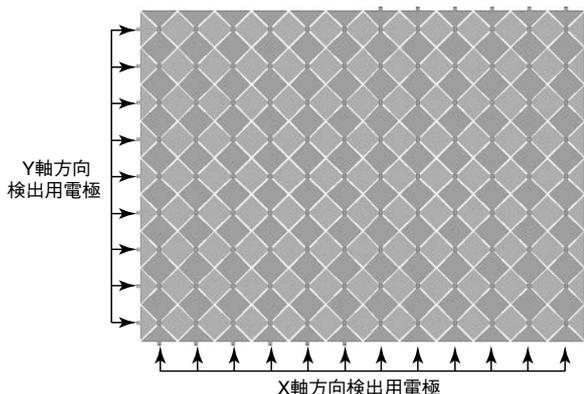


図1. 投影容量型タッチパネルのセンサ電極構成

ッチパネル面に配置された電極に信号を加える。ここで、タッチパネル面に指が近づくと、電極と指との間に静電容量結合が発生し、電荷が蓄積される。次に、電極と検出回路を接続する。このとき、指が存在する電極には、蓄積された電荷に応じて電圧が発生する。このため、電極からの信号を測定すると、指がない状態に比べて出力レベルが変化し(図2)、指の有無と接触位置を検知することができる。

検出回路は指がない状態の出力信号をベースライン値として保存しておき、毎回のセンサ出力値とベースライン値の差分を検出値とする。指が存在しない場合は小さな検出値が、存在する場合は指の静電容量に対応した大きな検出値が得られる。

この投影容量型の原理を用いることで、指の接触だけではなく、指の近接も検知することができる。ただし、ITO透明電極は抵抗成分が大きく静電容量検出の感度が低いため、得られる検出値が非常に小さいという課題がある。そこで、当社ではITO透明電極の感度を向上させる電極の結合制御とシールド制御を行い、他の近接検出用のデバイスを使わずに、指の近接と接触の両者を検知できる3Dタッチパネルを実現した。

3. 3Dタッチパネル

今回試作した3Dタッチパネルの構成を図3に示す。このシステムは、近接した指の検出を実現するために、高感

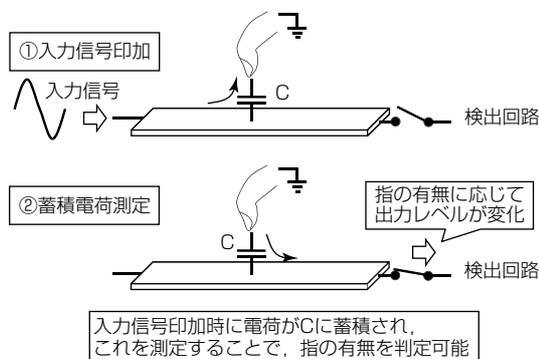


図2. 指の静電容量の検出方法

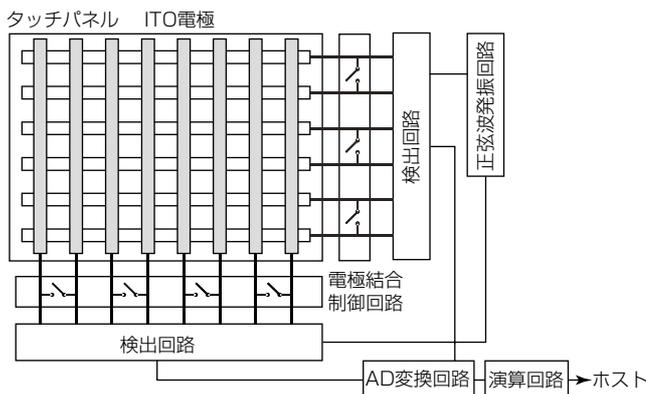


図3. 3Dタッチパネルの構成

度化処理(電極結合制御), ノイズ低減処理(シールド電極制御・デジタルフィルタ)を行う。さらに, 近接した指の位置精度を向上させるために, 3次スプライン補間による座標算出処理を行う。

3.1 電極結合制御

電極と指との間の静電容量の大きさは, 二つの間の面積に比例し, 距離に反比例する。したがって, 電極の面積が大きいほど指との間に生じる静電容量は大きくなり, 指を近接させた場合の静電容量変化の検出感度を向上させることができる。そこで, 指の近接を検知する場合は, 図3の電極結合制御回路部分で, 隣り合う2本の電極を結合して1つの大きな電極として動作させる。これによって, タッチパネル面と指との間に生じる静電容量を感度良く検出することが可能となる。

さらに, タッチパネル面に指が接触した場合には, 電極を分離することで, 通常のタッチパネルの指検出と同等な分解能を実現する。これによって, 近接時の高感度化と接触時の高分解能を両立できる。

図4に電極の動的な結合制御の概念図を示す。

3.2 シールド電極制御

今回試作したタッチパネルのように複数の電極がある場合, 指近接を検知している電極(検出電極)と, 周囲の電極の間に電位差があると寄生容量が生じる(図5のCf1, Cf2)。この場合, 検出電極から寄生容量Cf1, Cf2を介して周囲の電極に信号が流れ込むため, 本来計測したい, 指近接による静電容量Cs分に起因する検出値は低下する。指と電極の間の静電容量を感度良く検出するためには, この寄生容量を抑制することが重要である。そこで, 検出電極と周囲の電極が同電位となるようシールド電極制御を行う。図5に示すように, X軸方向検出用電極を検出電極とした場合, それと直交するY軸方向検出用の電極には, 検出電極に流

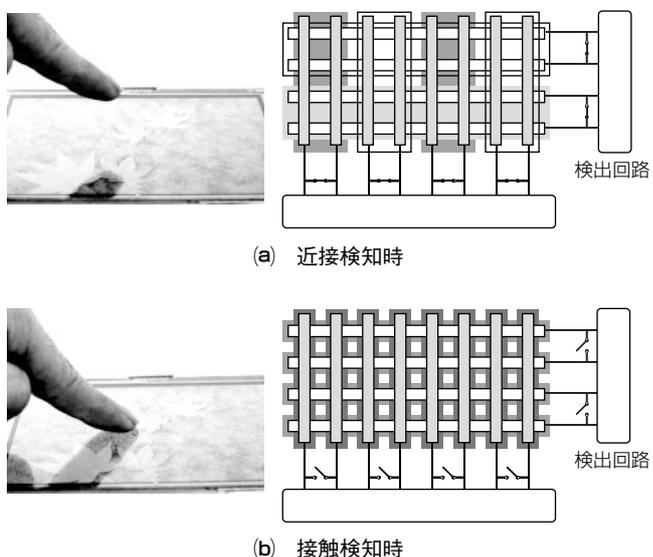


図4. 電極の動的な結合制御

れている検出信号と同じ振幅・位相を持つ信号を印加する。これによって, 検出電極と周囲の電極の電位差が低下し, 寄生容量による感度低下を抑制できる。

3.3 デジタルフィルタによるノイズ除去

検出された出力信号には, 図5で示した直交する電極の寄生容量以外のノイズも含まれる。特に指の近接を検知する場合は, 微弱な静電容量変化をとらえる必要があるため, 信号中のノイズ成分の除去が必要である。図6に予備実験で得られた指近接時の検出電極の出力信号を示す。指近接の信号には高周波ノイズが重畳していることが分かる。このため, ローパスフィルタによる高周波ノイズ除去を行う。フィルタには色々な種類があるが, タッチパネルの応答性能をできるだけ落とさないよう, 遅延の少ないIIR(Infinite Impulse Response: 無限インパルス応答)フィルタを採用した。

3.4 座標算出

ノイズ除去後の出力信号から座標を算出する。指が近接している場合は電極結合によって座標分解能が低下するため, 各電極の出力信号の分布から座標を補間することで座標分解能の向上を図る。図7のように, 各電極の出力値を滑らかに結ぶ三次元スプライン曲線を求め, その曲線が極大値となる位置を補間座標値とする手法⁽²⁾を用いた。

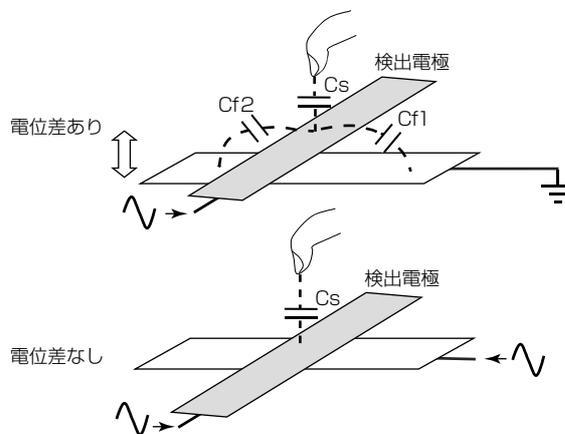


図5. シールド電極制御

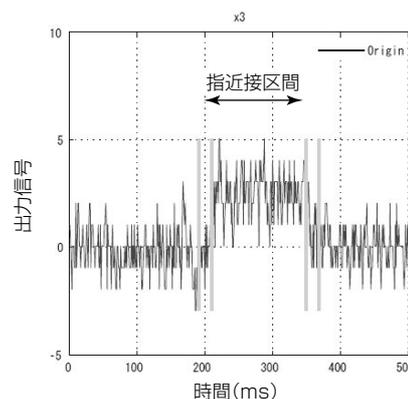


図6. 指近接時の出力信号

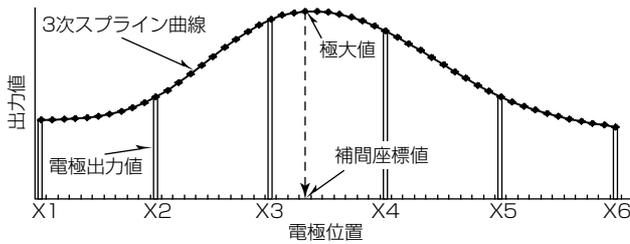
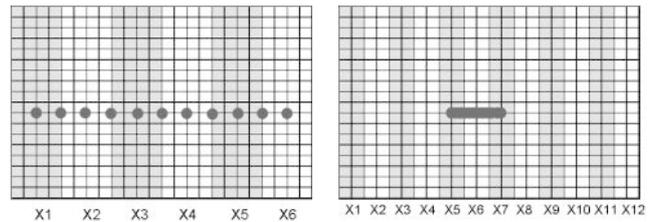
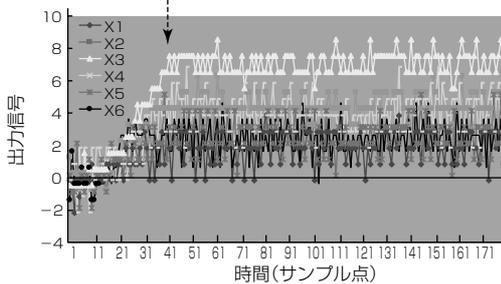
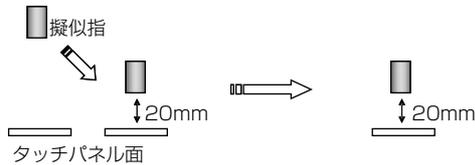


図7. 3次スプライン曲線による座標補間

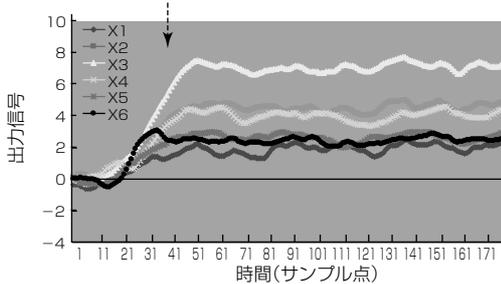


(a) 近接時評価位置 (b) 接触時評価位置

図9. 座標精度評価位置



(a) ノイズ除去前データ



(b) ノイズ除去後データ

図8. 指20mm近接時の電極出力値

4. 実験

まず、タッチパネル上20mmの高さにある指の近接を識別することができるか確認するため、出力信号を評価した。図8は、タッチパネル上のX軸方向電極(X3)に、タッチパネル面上50mmの位置から20mmの位置まで擬似指(人間の指に近い特性を持つ金属性の円柱)を近接させた場合の、X1からX6までの電極の出力信号について、ノイズ除去前と、ノイズ除去後のデータを示したものである。図中の点線矢印は、擬似指が20mmの位置に達した時刻を示す。ノイズ除去後のデータでは20mm近接時に、周囲の電極(X1~X2, X4~X6)に比べて、指を近接させた電極(X3)の出力値が明らかに大きいことが分かる。この結果、閾値(しきいち)処理によって20mmの指の近接が検知可能と判断できる。

次に、近接・接触時の検出信号から算出した座標値の精

表1. 座標誤差評価結果

	平均誤差	最大誤差
近接	18pixel(3.2mm)	37pixel(6.6mm)
接触	9.4pixel(1.7mm)	17pixel(3.1mm)

度の評価を行った。図9に座標算出精度を評価するために擬似指を近接・接触させたタッチパネル面上の位置を示す。近接時は、電極幅(結合電極の幅)の1/2ピッチ(約10mmピッチ)ごとにタッチパネル面上20mmの高さに擬似指を近接させて座標算出結果を取得する。また、接触時は、図に示すように2本の電極間を電極幅の約1/54ピッチ(約0.2mmピッチ)ごとに擬似指を接触させて座標算出結果を取得した。

表1に、取得した座標と正解座標との差の平均値(平均誤差)と最大値(最大誤差)を示す。表のpixel単位はVGA(Video Graphics Array)解像度(640×480pixel)で求めたものである。表から、平均誤差は、近接時で3.2mm、接触時で1.7mm程度であり、指入力としては実用的な座標精度が得られていると考える。

5. むすび

ITO透明電極で構成したタッチパネルを用い、静電容量検出の感度を向上させる仕組みを導入することで、指の近接・接触を検知可能な3Dタッチパネルの試作を行った。評価の結果、タッチパネル面上20mmでの指の近接を検知可能であること、近接・接触時に実用的な精度で座標検出が可能であることが分かった。今後は、より遠方の指を検知できるように感度を向上させるとともに、3Dタッチパネルを用いて、例えば、指の近接によって操作ボタンを拡大表示し、指の接触によって機能実行するなどのユーザーインターフェースについても検討を行う予定である。

参考文献

- (1) 岡野祐一, ほか: タッチパネルの最新技術動向, 映像情報メディア学会誌, **63**, No.8, 1101~1106 (2009)
- (2) Rekimoto, J.: Smart Skin, An Infrastructure for Freehand Manipulation on Interactive Surfaces, CHI2002, 113~120 (2002)