

タッチパネル感度向上技術

佐々木雄一*
根岸博康*

High Sensitivity Detection Method for Projected Capacitive Touch Panels

Yuichi Sasaki, Hiroyasu Negishi

要 旨

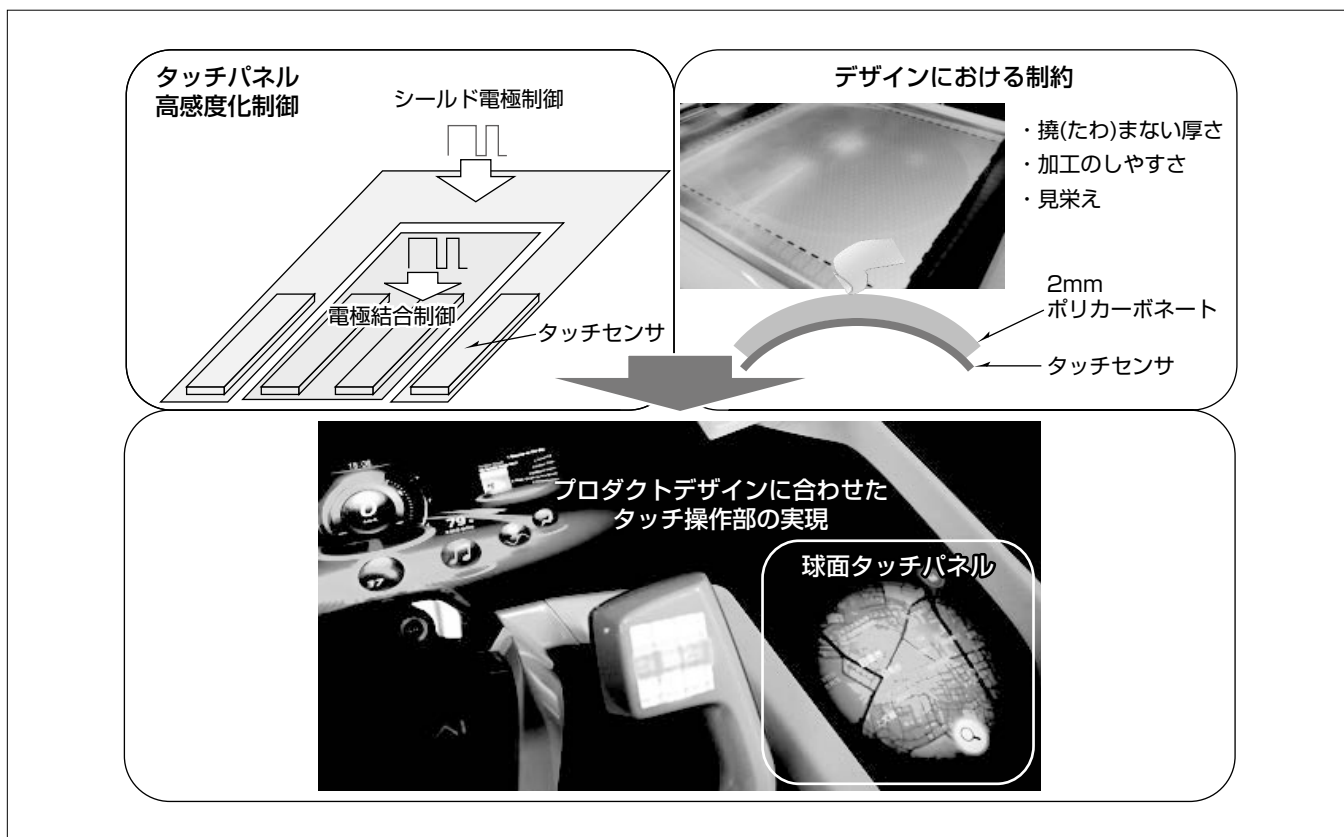
タッチパネルインタフェースは、ユーザーに直感的な操作を提供するため、スマートフォン、タブレット端末にとどまらず、家電、車載機等で広く用いられるようになってきている。今後より広い製品分野に適用するために、デザイン面では、曲面構造でのタッチ操作の実現が求められている。

例えば球面形状のタッチパネルでは、加工の容易性から、表面材料として、ポリカーボネート(以下“ポリカ”という。)を用いることが望ましいが、硬さを考慮すると、その厚さは、2mm以上が求められる。しかし、2mm厚のポリカ越しに静電容量方式のタッチパネルで、指のタッチを感度良く検出することは、これまで困難であった。

そこで感度向上のため、電極結合制御、重畳検出制御、シールド電極制御を開発した。電極結合制御は電極を束ねることで指の接触による実効面積を増やし、重畳検出制御は電極間の重畳によってセンサ境界での感度低下を防止し、シールド電極制御は指以外による寄生容量を抑制する技術である。

10インチ、直径350mm、表面を2mm厚ポリカでカバーした球面タッチパネルを試作して評価した。その結果、従来の検出方式に比べ、提案方式のタッチ検出信号はS/N比で平均3.0dB以上の改善があり、感度の向上を確認した。

今後は手袋越しでも利用可能となるよう感度向上を図るとともに、曲面を生かしたインタフェースの実現を目指す。



タッチパネルの感度向上技術の応用

タッチパネルの感度向上技術を適用することで、センサと指の間隔が離れている場合でも、感度良く指の接触を検出できる。タッチパネルの表面の形状の自由度が格段に向上するため、デザイナーが思い描くプロダクトデザインを実現することが可能となる。車載機での車のデザインに合わせた曲面タッチパネルディスプレイ、各種家電の意匠を損なうことのないユーザーインタフェース等、様々な用途に適用する予定である。

1. ま え が き

静電容量型方式によるタッチパネルインタフェースは、スマートフォンやタブレット端末だけでなく、家電や車載製品の操作性・デザイン性を向上させる技術として利用が広がっている。操作面では、表示されたアイコンなどの直接的操作で分かりやすいことに加え、軽いタッチで反応するためジェスチャインタフェースに適しており、デザイン面では、縁がないフラット構造の操作部を実現できる。今後、更に広い製品分野にタッチパネルインタフェースを適用するために、デザイン面からの要求として、プロダクトデザインに合わせた様々な曲面構造でタッチ操作を実現する技術が求められている。

これに対し、三菱電機は球面加工した静電容量方式のタッチパネルの開発、試作を進めている。球面形状のタッチパネルは、加工しやすくするため面上部を形成する材料としてポリカを用いることが望ましい。表面の硬さを確保するには、2mm以上の厚さとする必要があるが、2mm厚のポリカ越しで、十分に感度の高い指の接触検出は困難であった。

そこで、ポリカで表面加工された球面など曲面タッチパネルでも、感度良く指の接触を検出するため、電極結合制御、重畳検出制御、シールド電極制御を開発した。

2. 投影容量型タッチパネルの検出原理

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種類の検出方式がある⁽¹⁾。この研究で用いる球面形状のタッチパネルは、投影容量型の検出方式に基づいている。球面タッチパネルのセンサ電極は、曲げに強く、抵抗値が均一で透明な導電膜を用いている。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(図1)。以降では、この形状を1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接触すると、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、指の接触を検知することができる。ただし、球面タッチパネルは上部に

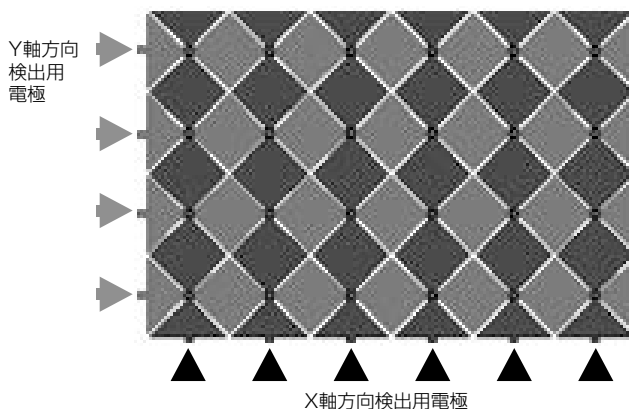
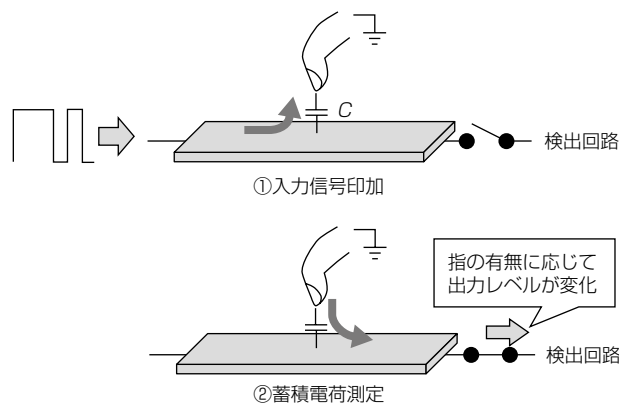


図1. 投影容量型タッチパネルのセンサ電極構成



入力信号印加時に電荷がCに蓄積され、これを測定することで、指の有無を判定可能

図2. 指の静電容量の検出方法

2mm厚のポリカがあるため、得られる検出値が小さく、指の接触を判断する上で十分でない。

3. 球面タッチパネルの高感度化

試作した球面タッチパネルとその高感度化制御部分についての構成を図3に示す。このシステムは、厚さ2mmのポリカ越しで十分な指の検出値を取得するために、高感度化処理(電極結合制御)、ノイズ低減処理(シールド電極制御)、指位置に依存しない感度安定化処理(重畳検出制御)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 C は、2つの間の面積 S に比例し、距離 d に反比例する。したがって、電極の面積が大きいくほど指との間に生じる静電容量は大きくなり、指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、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。図4のように1本ずつ検出を行う場合、指と電極間の接触面積が S で指に発生する静電容量は C_1 あったのに対し、2本結合の場合 $S'(>S)$ となり、面積が増える分だけ指に発生する静電容量 C_2 は大きくなる。これによって、タッチパネル

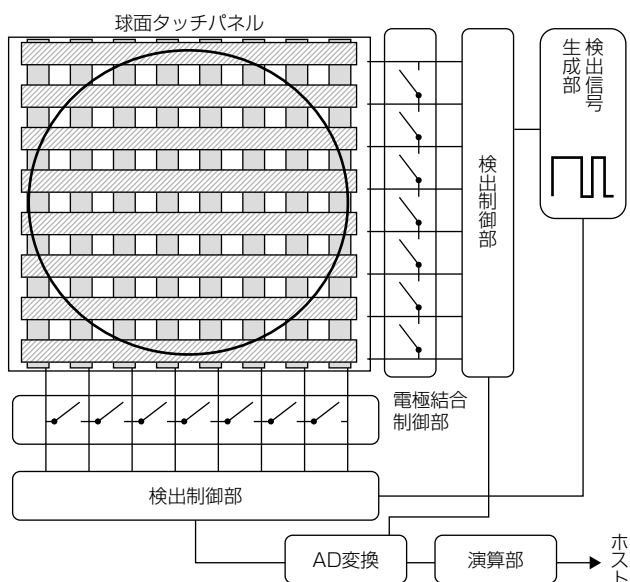


図3. 構成

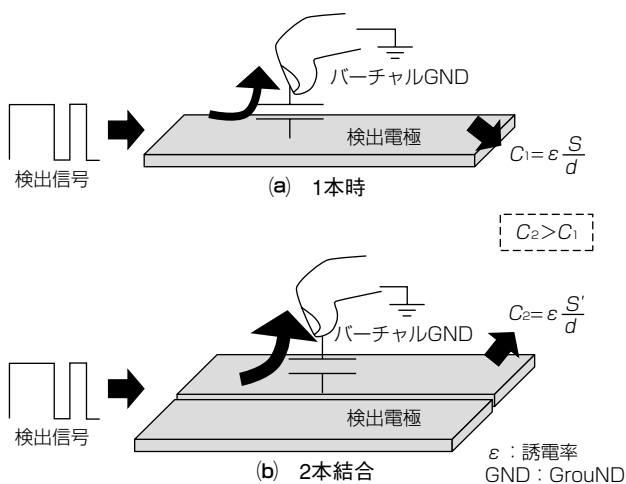


図4. 電極結合制御

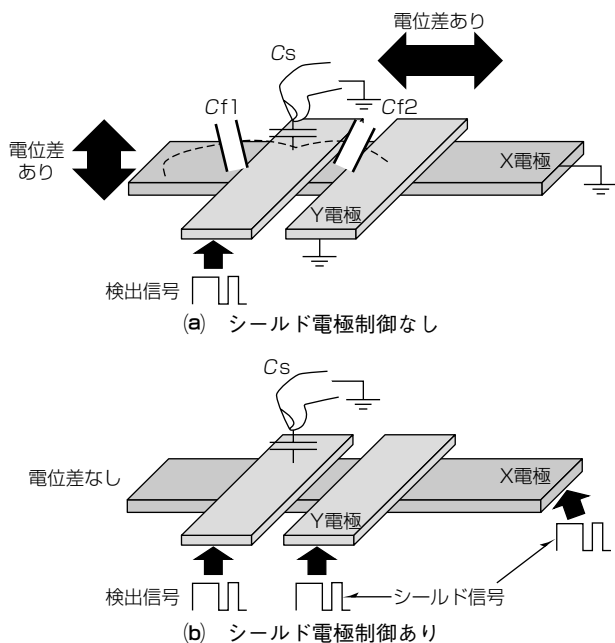


図5. シールド電極制御

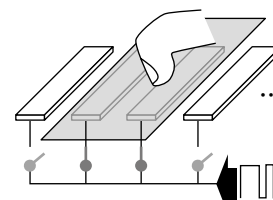
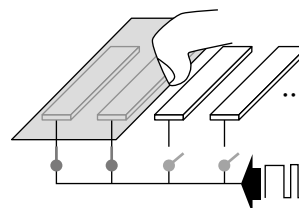


図6. 重畳検出制御

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。

3.2 シールド電極制御

タッチパネルに複数の電極がある場合、指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 C_{f1} , C_{f2})。この場合、検出電極から寄生容量 C_{f1} , C_{f2} を介して周囲の電極に信号が流れ込むため、本来計測したい指の接触による静電容量 C_s 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、Y軸方向検出用電極を検出電極とした場合、それと隣接する電極と直交するX軸方向検出用の電極に対し、検出電極に流れている検出信号と同じ振幅・位相を持つシールド信号を印加する。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 重畳検出制御

電極結合したタッチパネルの検出処理では、電極の境界部分で感度が落ちるという問題点があった。そこで、電極結合制御によって前回結合した電極の一部を今回の検出電極と結合し重畳させて検出制御を行う重畳検出制御を行った。図6のように束ねた電極を1センサずつずらすことで、センサの境界部分に対する接触でも感度を落とすことなく検出でき、電極を束ねることによるセンサ解像度の低下も防ぐことができる。

4. 感度評価実験

電極結合制御、及び、シールド電極制御による感度向上効果を確認するため、図7のタッチ位置に対し、次の条件でS/N比を計測した。

- (1) タッチパネルは上部に厚さ2mmのポリカを貼り付け

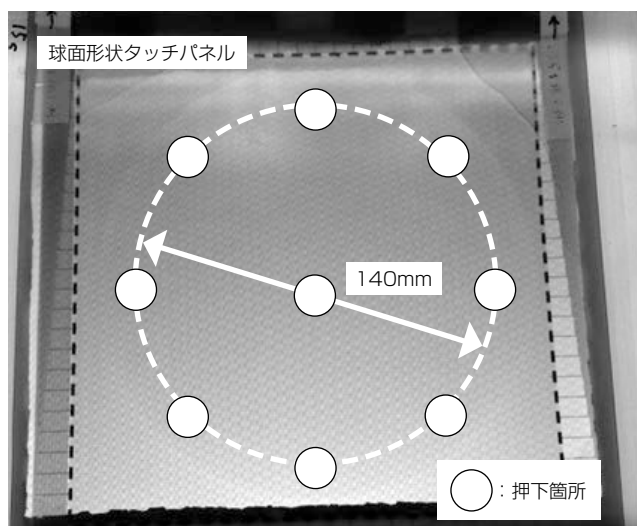


図7. 感度評価位置

た10インチ、直径350mmの球面形状である。タッチパネルを構成する電極は、ダイヤモンド型で幅7.8mmであり、図7のX(縦方向)に24本、Y(横方向)に24本並べられている。

- (2) 静電検出ICはPSoC^(注1)のCY8C24894を使用し、検出パラメータは最も感度が取れるものに設定する⁽²⁾。
- (3) 検出値は、指タッチした時のセンサ値からベースライン値(指タッチなし時のセンサ値)を減算した値である。
- (4) 評価では人差し指を使用する。
- (5) 容量検出では次の3つの方式を適用する。

方式1：電極1本使い&対向電極に対するシールド電極制御

方式2：2本結合&対向/隣接電極に対するシールド電極制御と重畳検出制御

方式3：3本結合&対向電極に対するシールド電極制御と重畳検出制御

- (6) S/N比の計算方法は次のとおりである。

- ① 図7の箇所100サンプル分の検出値を取得し、その平均値をSとした。
- ② 各センサについてセンサ出力値100サンプル取得。その分散値σのうち、最大のもの(=σ worst)を求め、この3倍をNとした。
- ③ ①と②で求めたSとNから式(1)でS/N比を求めた。

$$S/N比 = 20 \log \left(\frac{S}{N} \right) \dots\dots\dots(1)$$

今回の提案方式について、シールド電極制御については、事前実験で有効性を確認していたため、対向電極に対するシールド電極制御を実施した方式1をベースラインとし、電極結合制御と、重畳検出制御の有効性を確認することが

表1. 感度評価結果

		従来方式		
		方式1	方式2	方式3
S/N比平均値	X (dB)	5.8	9.9	11.5
	Y (dB)	7.1	7.6	10.1
S/N比最小値	X (dB)	0.9	5.9	10.1
	Y (dB)	4.1	1.1	8.0

実験の主目的である。さらに、電極結合制御と、シールド電極制御の感度向上効果の比較を方式2と3によって行う。

実験結果を表1に示す。表1でS/N比平均値は9箇所の平均値、S/N比最小値は最も感度の低かった箇所S/N比である。

表1から、方式1に比べ、方式2と3は感度が向上していることが分かり、電極結合制御と、重畳検出制御の有効性を確認した。

また、方式2と3の比較では、方式2適用時にYのS/N比最小値が著しく低くなった。原因を分析したところ、タッチパネルの感度むらによって、特定のタッチ箇所検出レンジをオーバーしたことが原因であることが分かった。今後、詳細評価を行い、各制御と感度の関係を明確化し、更なる改良を図るとともに、このような感度むらを補正するため、不感領域に対する結合本数など、検出パラメータの個別調整を検討する予定である。

(注1) PSoCは、Cypress Semiconductor Corp.の登録商標である。

5. む す び

球面形状のタッチパネルに対し、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、試作品の主観評価では2mmのポリカ越しでも十分に高い感度が得られることを確認した。感度評価実験の結果からも、従来の電極を1つずつ用いて検出する方式に比べ、S/N比が平均3.0dB以上改善されることが分かり、方式の有効性を確認した。

今後は手袋でも入力可能となるよう感度を向上させていくとともに、タッチパネルの形状を活かしたユーザーインタ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) Cypress' CapSense Sigma-Delta Algorithm, Cypress Semiconductor White Paper No.001-41925 (2007)
<http://www.cypress.com/?docID=3629>