

森 成一郎* 上里将史**
 島崎祐輔*
 中村達也*

産業用タッチパネルの高性能化

High-performance Touch Screen for Industrial Use

Seiichiro Mori, Yusuke Shimasaki, Tatsuya Nakamura, Masafumi Agari

要 旨

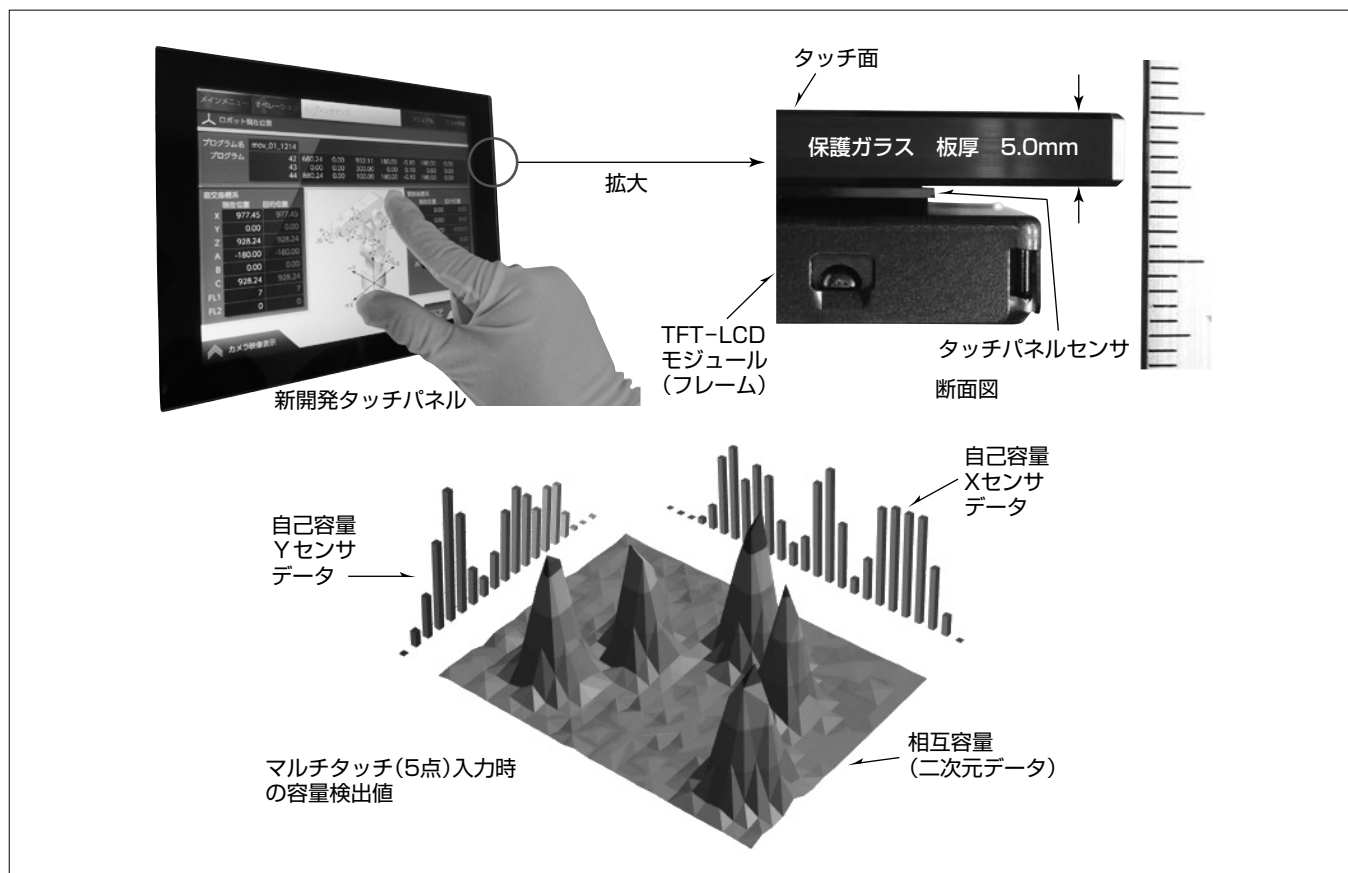
産業機器でのユーザーインターフェース向上のニーズに対応するため、三菱電機では、2012年に2.8mm厚の保護ガラス越しで手袋を使用した操作が可能な、屋外などの明るい環境で高い視認性を持つガラスボンディング構造⁽¹⁾(液晶ディスプレイモジュール、タッチパネルセンサ、及び保護ガラスを透明樹脂で接着した構造)の投影型静電容量(Projected CAPacitive: PCAP)方式タッチパネルを開発した。現在、5~19型サイズのタッチパネル搭載カラーTFT(Thin Film Transistor)液晶ディスプレイ(TFT-LCD)モジュールをラインアップしている。

一方、昨今、産業機器向けタッチパネルに対して更なる高性能化、高機能化の要求が高まっている。そこで、独自

の金属微細配線構造センサに、高感度で耐水滴性に有利な自己容量方式とマルチタッチ検出に有利な相互容量方式を組み合わせた複合型検出方式を適用し、新たなPCAP方式タッチパネルを開発した。

新開発タッチパネルでは、厚さ5.0mmの保護ガラス上での操作のほか、最大10本の指を使ったマルチタッチの操作や、厚みのある耐熱手袋を装着した状態と表面に水滴が付着した状態での操作など、様々な環境下での使用を可能とした。

現在、このタッチパネルを使用したタッチパネル搭載TFT-LCDモジュールを順次製品化中である。



新開発タッチパネルのモジュール構造と複合型検出方式によるマルチタッチ検出

独自の金属微細配線構造タッチパネルセンサに複合型検出方式を適用した産業用タッチパネルを開発した。タッチパネルセンサ表面に厚さ5.0mmの保護ガラスを接着したガラスボンディング構造や、最大10点までのマルチタッチ操作、厚みのある耐熱手袋を装着した状態と表面に水滴が付着した状態での操作を可能とした。

1. ま え が き

産業機器でのユーザーインターフェース向上といったニーズに対応するため、当社では2012年に2.8mm厚の保護ガラス越しで手袋を使用した操作が可能な、屋外などの明るい環境で高い視認性を持つガラスボンディング構造の投影型静電容量(PCAP)方式タッチパネルを開発した。現在、5～19型サイズのタッチパネル搭載カラーTFT-LCDモジュールをラインアップしている。

一方、昨今、産業機器向けタッチパネルに対して更なる高性能化、高機能化の要求が高まっている。そこで、当社独自の金属微細配線構造センサに、高感度で耐水滴性に有利な自己容量方式とマルチタッチ検出に有利な相互容量方式を組み合わせた複合型検出方式のPCAP方式タッチパネルを新たに開発した。

本稿ではその内容について述べる。

2. 従来製品の特長と課題

2.1 PCAP方式タッチパネルの検出方式と特長

PCAP方式タッチパネルの検出方式は、自己容量(Self-capacitance)方式(図1(a))と相互容量(Mutual-capacitance)方式(図1(b))に大別される。両方式ともに、メリットとデメリットがあり(表1)、要求仕様に合わせて検出方式が選択される。

2.1.1 自己容量方式

自己容量方式は、センサごとにGND(GrouND)に対する静電容量(自己容量Cs)を計測する方式で、人がタッチパネルに触れることで増加した静電容量の変化を捉え、X方向センサ、Y方向センサの検出結果から、タッチした位置座標を計算する。

この方式は、計測数が少ないため応答性が良く、指とセ

ンサ間の静電容量を計測するため、後に述べる相互容量方式と比較して高感度である。また、容量計測時に全センサを同電位で駆動することが可能なため、センサ領域内の電位差が少なく、水などの誘電率が高い物質が附着した場合でも、附着物がGNDに接地されていなければ、誤検出を抑制できる特長がある。

一方、2点入力時にX方向とY方向のそれぞれ2つのピークが交差する4点のうち、指がある位置と、指がない位置(ゴースト位置)を識別できず誤判定してしまう課題があり、マルチタッチの位置検出には不向きである。図2は、2点入力時の自己容量方式と、相互容量方式の静電容量検出値を示す。自己容量方式の検出結果だけでは、指が存在する位置とゴースト位置との組合せが判別できないことが分かる。また、センサ容量の基準となるGND電位変動等の外乱ノイズの影響を受けやすく、耐ノイズ性能は悪くなる。

2.1.2 相互容量方式

相互容量方式は、一方のセンサから励起信号を印加し、他方のセンサから、両センサの交点の静電容量(相互容量Cm)を検出する。

検出したデータは、センサ交点の容量に比例した二次元情報となるため、複数の指位置を判別しやすく、マルチタッチの位置検出では有利となる。また、励起センサと検出センサ間の相対的な電位差によって静電容量を計測するため、自己容量方式に比べてGND電位変動等の外乱ノイズへの耐性は高くなる。

一方、人の指が触れることによって減少する相互容量Cmは僅かであるため、自己容量方式に比べて感度は低くなる。また、計測のため励起信号を印加するセンサと、それ以外の励起信号を印加しないセンサが存在するため、センサ領域内に電位差が生じ、水などの高誘電性物質が附着した場合、検出値が変動して誤検出の原因となりやすい。

2.2 従来製品の特長と課題

従来製品では、高感度、耐水滴性のメリットを活用するため、自己容量方式を採用した。タッチパネルセンサには、一般的な材料であるITO(Indium Tin Oxide: 酸化インジウム

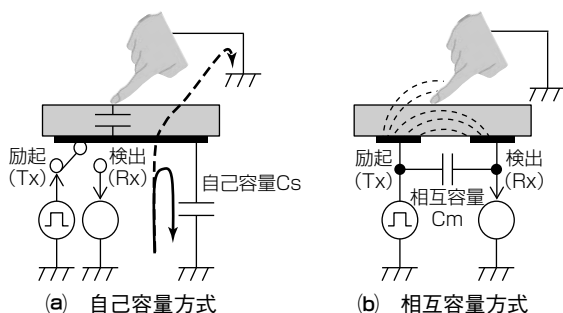


図1. 静電容量の検出方式

表1. 検出方式の比較

	自己容量方式	相互容量方式
マルチタッチ	△	◎
感度	◎	○
耐ノイズ性	△	○
耐水滴性	○	×

◎: 非常に有利 ○: 有利 △: 制約あり ×: 不利

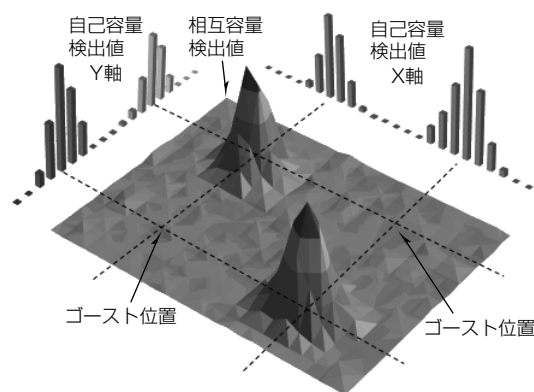


図2. 自己容量方式の2点入力時のゴースト位置

スズ)と比較して高透過で低抵抗な独自の金属微細配線構造センサを用いた。また、コントローラ基板にはノイズを除去する検出回路を搭載し、耐ノイズ性を改善するとともに、自己容量方式の課題であったゴースト位置を識別する独自のアルゴリズムを開発し、産業用タッチパネルとして製品化した。

しかしながら、昨今、産業機器向けタッチパネルの適用範囲の拡大、及び製品の操作性向上に対する要求が高まる中で、5.0mm厚保護ガラス越しでの操作、厚みのある耐熱手袋での操作、特殊なノイズ環境下での使用、3点以上のマルチタッチ操作等、タッチパネルに対する高性能化、高機能化の要求が出てきた。そこで当社では、これらの要求に対応するため、新たな産業機器向けタッチパネルを開発した。

3. 新開発タッチパネル

3.1 開発目標

目標性能は次の3つに設定した。

- (1) 最大10点までの多点検出と耐水滴性への対応
- (2) 高感度化

対応保護ガラス厚の拡大(2.8mm→5.0mm)と厚みのある耐熱手袋への対応

- (3) グラスボンディング(GB)構造製品への適用サイズ拡大(12型→19型)

これらの開発目標を達成するためには、新設計のタッチパネルセンサと新規コントローラ基板による性能向上が必要であった。

次に各開発目標への対応について述べる。

3.2 主な開発内容

3.2.1 マルチタッチ検出と耐水滴性への対応

検出方式には、耐水滴性に有利な自己容量方式と、マルチタッチ検出に有利な相互容量方式の2つを組み合わせた複合型検出方式を適用した。図3に新開発タッチパネルでの両検出方式での容量検出結果の一例を示す。図3(a)は、指で5点入力した場合、図3(b)は、右下に水が付着した状態で、左上を1点でタッチした場合の検出結果を示す。図3(a)の場合では、二次元情報を持つ相互容量方式がマルチタッチ検出に対応するには有利であることが分かる。図3(b)の場合では、水付着周辺の検出結果が両方式で異なる。すなわち、相互容量方式は、指入力、水付着ともに反応が得られているのに対し、自己容量方式は水付着部分には反応が得られていない。このように、相互容量方式と自己容量方式の検出動作を行い、両方式の検出結果を用いることで、マルチタッチ入力可能で、水などの高誘電性物質が付着した場合でも指だけに反応する耐水滴性の高いタッチパネルの実現が可能となった。

3.2.2 高感度化(対応保護ガラス厚の拡大と厚みのある耐熱手袋への対応)

保護ガラス越しでのタッチ感度は、保護ガラスの厚さに

比例して低下する。例えば、厚さ5.0mmの保護ガラス越しでのタッチによる容量変化の大きさは、厚さ1.1mmの保護ガラスでの容量変化の大きさの20%と大幅に小さくなる。この感度低下に対処するため、タッチパネルセンサから指に容量結合させる励起信号の実効的な電圧を、従来比3.7倍(11dB)に拡大して対応した。同時にタッチパネルセンサの相互容量Cmを従来比50%に減らし、コントローラ基板の検出回路を高感度設定で使用することで、対応する保護ガラス厚が従来の2.8mmから5.0mmに拡大した。また、厚みのある耐熱手袋への対応が可能となった。図4は、試作した保護ガラス5.0mm厚の8.4型タッチパネル搭載製品の断面図である。

3.2.3 GB構造製品への適用サイズ拡大(12型→19型)

液晶表示面から保護ガラスまでの空間を透明樹脂で接合

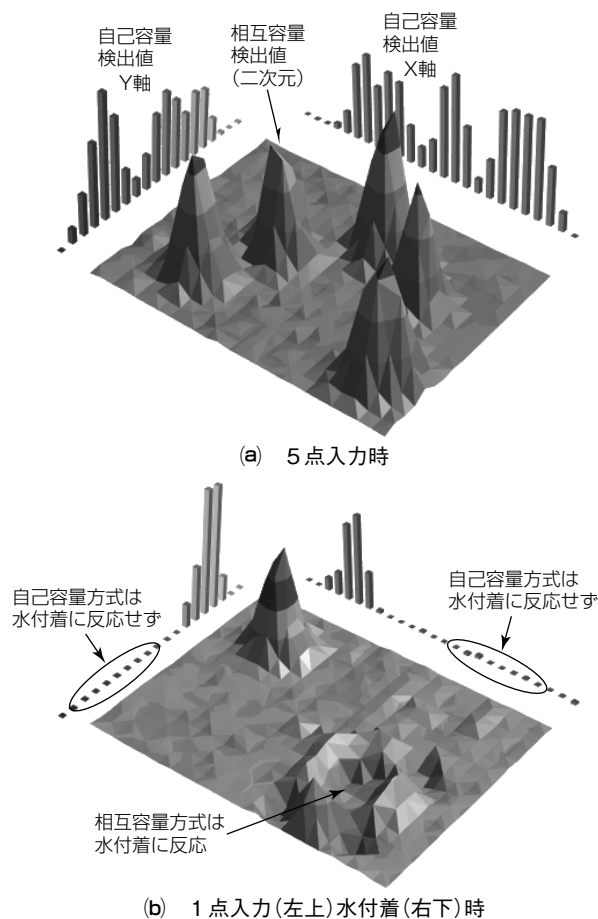


図3. 自己容量方式と相互容量方式の検出結果



図4. 試作した8.4型タッチパネル搭載製品の断面図

◇一般論文◇

し、空気層と屈折率の異なるガラス等との界面反射をなくすことで、画面への映り込みを改善するGB技術は、屋外での表示性能を大幅に改善する。しかしながら、タッチパネルとTFT-LCD間の接合に使われる透明樹脂は比誘電率3～6程度であり、空気(比誘電率1)に比べて大きいいため、TFT-LCDのノイズがタッチパネル動作に影響を与える。タッチパネルが受けるTFT-LCDによるノイズは、タッチパネルとTFT-LCD間の距離に反比例し、透明樹脂の比誘電率、画面サイズに比例して大きくなる⁽²⁾。

従来品ではGB構造に対応するタッチパネルサイズは、12型ワイドまでが限界であった。今回の開発品では、12型に比べてタッチパネルセンサの長辺が1.4倍、表示面積が2.7倍の19型に対応するため、次の2つを実施した。

- (1) タッチパネルセンサの低容量化
- (2) コントローラ基板のノイズ耐性向上

タッチパネルセンサ低容量化については、金属微細配線構造センサの低抵抗特性を活用し、センサパターンレイアウトの工夫によって、センサ抵抗の増加を抑えつつ⁽³⁾タッチパネルセンサの相互容量を従来比50%、タッチパネルセンサとLCD間の容量を従来比の80%まで低減させた。

コントローラ基板のノイズ耐性向上については、タッチパネルセンサの低容量化によって励起信号の印加時間(センサ充電時間)を50%まで短縮するとともに、1センサ当たりの計測時間を従来比で18倍に高速化することと、検出回路の並列化によって、単位時間当たりの検出データ量を増やし、フィルタ演算処理の強化によるノイズ耐性改善を行った。

これらによって、従来と同等の応答性を確保しながら、GB構造で19型まで対応サイズを拡大することが可能となった。

3.3 新開発タッチパネルの仕様

タッチパネルセンサとコントローラ基板の新規開発によって、開発目標を達成できた。図5に試作した保護ガラス5.0mm厚8.4型新開発タッチパネルの外観を示す。また、新開発タッチパネルと従来品の仕様比較を表2に示す。

なお、次に示す従来の産業機器向け製品としての特長は、新開発タッチパネルでも踏襲している。

- (1) タッチパネルセンサとTFT-LCDとの最適化による高透過率や良好な見栄え
- (2) 低反射材料採用による高い反射視認性
- (3) 保護ガラスとタッチパネルセンサ、及びコントローラ基板とTFT-LCDを一体化モジュールとすることによる、高品質で顧客の取り扱いやすい構造



図5. 試作した8.4型タッチパネル

表2. 新開発タッチパネルと従来品の仕様比較

	新開発品	従来品
タッチパネルセンサ構造	金属微細配線構造(低容量センサ)	金属微細配線構造
検出方式	相互容量方式と自己容量方式の複合型	自己容量型
マルチタッチ点数	最大10点	最大2点(ゴーストなし)
保護ガラス厚み	5.0mmまで	2.8mmまで
ガラスボンディング対応サイズ	19型まで	12型ワイドまで
手袋操作	可能(注1)	可能(注1)
S/N比(注1) (10mmφ疑似指)	42dB(1.8mm厚) 30dB(5.0mm厚)	24dB(1.8mm厚) 12dB(5.0mm厚)
座標出力レート(標準条件)	10ms以下(注1)	10ms以下(注1)

(注1) パラメータ設定に依存(標準設定時を記載)

4. む す び

高感度、耐水滴性に有利な自己容量方式と、マルチタッチ検出に有利な相互容量方式の2つの検出方式を組み合わせた耐ノイズ性に優れた新規コントローラ基板と、低反射金属微細配線プロセス技術とタッチパネルセンサ配線技術を用いて新規コントローラ基板に最適化した独自のタッチパネルセンサを開発した。この技術によって、最大10点までのマルチタッチ操作や厚さ5.0mmの保護ガラス、厚みのある耐熱手袋へ対応するとともに、GB構造による屋外環境製品の対応サイズを19型まで拡大した。

参 考 文 献

- (1) 河野 誠之, ほか: 屋外対応TFT-LCD技術, 三菱電機技報, 83, No. 5, 337~340 (2009)
- (2) 森 成一郎, ほか: 産業用投影型静電容量方式タッチパネル, 三菱電機技報, 87, No. 5, 305~308 (2013)
- (3) 野尻 勲, ほか: 金属配線を用いた高感度タッチパネル, 三菱電機技報, 89, No. 6, 358~361 (2015)