

家電製品におけるHMI ソリューションの先進化 技術的ソリューションと エンジニアリング上の課題



家電製品の購入者にとって、先進的なヒューマンマシンインターフェース（HMI）ソリューションは、プレミアム製品の象徴となっています。競争の激しい市場においてコンピューター化されたディスプレイやタッチコントロールへの需要が高まっており、家電製品の開発者には従来の制御方式からデジタルインターフェースやディスプレイへの移行が求められています。この傾向は、スマートホームデバイスとモノのインターネット（IoT）の人気が高まっていることから、近年より顕著になっています。

こうした消費者の期待に応えるため、メーカーは少数のデジタル技術を採用し、洗練された現代的な設計、簡単お手入れ、プログラム可能な機能をお客様に提供しています。これらのソリューションには通常、タッチスクリーン、センサー、無線接続機能などのコンポーネントが含まれます。これらのアプローチは、エンドユーザーに多くの新しいメリットをもたらしますが、エンジニアリング上の大きな課題も生じます。

製品のユーザーエクスペリエンスを向上させる設計を行う際、家電製品メーカーは、ファームウェアのプログラミングとインターフェース設計のより細かい点が専門知識の範囲外にあることに気付くことがあります。

多くの設計エンジニアはデジタルインターフェースの機能を構想できますが、表面材料の選定、マイクロコントローラーの設定、ならびにその統合に必要なスペース要件については不確実な場合があります。





HMIソリューションの進化

HMI（ヒューマンマシンインターフェース）またはユーザーインターフェースとは、人が機械と対話する接点です。最も基本的なレベルでは、HMIは製品の動作モードを変更し、重要な情報を表示するボタン、スイッチ、またはダイヤルで構成されます。

これらのシンプルなスイッチや可変制御機能は、何十年にもわたり家電製品に採用されてきました。業界では現在、特にキッチン環境において機械式ソリューションを課題があるものと捉えています。ボタンやノブは、日常的な使用の繰り返しにより破損する可能性があります。メカニズムとコントロールパネルの間の隙間から液体や油脂が侵入し、時間の経過とともに電気的性能を劣化させる可能性があります。

HMIに特化したさまざまな技術は、これらの問題を回避することを目的としています。これらのソリューションには、プリントエレクトロニクス（PE）、静電容量スイッチ設計、フレキシブルプリント基板（FPC）、バックライト付きのLCDディスプレイなどのコンポーネントが含まれる場合があります。

本ホワイトペーパーでは、より先進的なユーザーインターフェースを組み込むために設計の高度化を検討している家電製品エンジニア向けに、現在の設計オプションを概観します。本レポートでは、設計開発において一般的に見られるいくつかの課題と、新技術の展望について概説します。

家電製品向けHMIの設計オプション

メンブレンスイッチ

メンブレンスイッチは、HMIにおける初期の革新的アプローチの一つであり、現在でも家電製品分野において有力なソリューションです。

基本的なメンブレンスイッチはドーム構造を備えており、押下されると接点が閉じて作動します。このようなスイッチは、押し心地に違いがあり、埋め込み型LEDを含むこともあります。

メンブレンは滑らかで洗浄しやすい表面を提供します。メンブレンパネルには、ボタンの意味を示唆するグラフィックがプリントされていますが、周囲に開口部がないため、従来の押しボタンに見られる浸入（ほこりや水など）の問題を回避できます。

現在でも多くの製品にメンブレンスイッチが使用されていますが、近年登場した新たな技術が独自の利点を持っており、新たな競合となっています。

メタルドーム

メンブレン制御のもう一つのバリエーションは、金属ドームスイッチを追加するものです。

この構造では、接触可能な位置は、作動に力を必要とするスチール製ドームを下に配備し、押したときに触覚フィードバックを提供します。

ドームは、必要な作動力の大きさに基づいて選択されます。ボタンは通常、ドームを覆うプラスチックまたはゴム製のキーパッドを備えており、フロントパネルから突き出す場合があります。

この技術は、タッチスクリーンが登場する前の携帯電話のキーパッドによく使用されていました。金属ドームインターフェイスは水の浸入にも耐えるシンプルな構造を備え、今でもテレビのリモコンなどの小型ホームデバイスで使用されています。

静電容量式タッチ

プレミアム家電製品の設計の最前線にあるHMI方式は、**静電容量式タッチ**と呼ばれています。

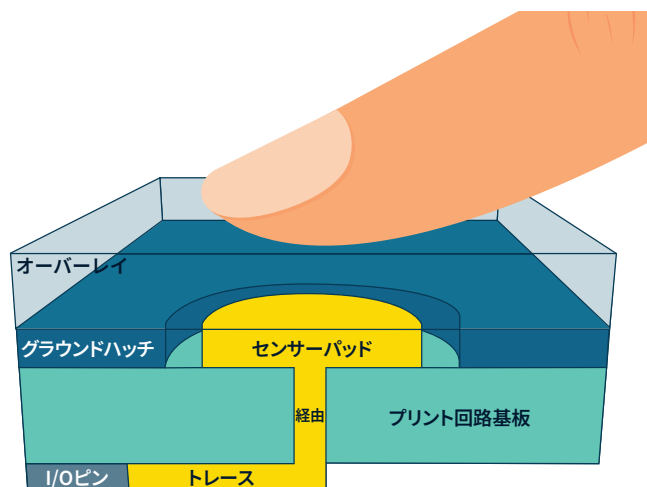
消費者は、LCD画面の前にある静電容量式タッチオーバーレイを使用したタブレットやスマートフォンのユーザーインターフェイスに慣れてきています。静電容量式のタッチ面には、その背後にあるLCDスクリーンを使用する必要はありません。家電製品では、表面にバックライト付きのアイコンやグラフィックが採用されていることがよくあります。これらのアイコンの下の動作エリアは、指先で触れると反応するため、ボタンやスイッチのように動作します。

静電容量式タッチは、ユーザーにとって直感的でインタラクティブな体験を提供できる、ますます普及しているインターフェイスオプションです。一般的な個人用タッチスクリーンデバイスと同様に、この技術を採用した製品では、ユーザーは指でタッチしたりスワイプしたりして操作できます。例えば、調理台の表面ガラスを直接触るだけで操作可能です。

特に高級家電製品において、消費者は静電容量式タッチ面にますます注目しています。静電容量式タッチ面には、時間の経過とともに摩耗する可能性のある機械的な可動コンポーネントはありません。しかし、静電容量式タッチユーザーインターフェイスには、複数の設計上のトレードオフと十分なユーザーテストが求められます。高級家電製品をこのHMI方式へ移行する前に、これらの点を十分に検討する必要があります。

静電容量式タッチユーザーインターフェイスは、通常、指で軽く触れるだけで作動します。指の接触によって静電容量が変化することで作動するため、メンブレンやスチールドームを押して接点を閉じる方式とは原理が異なります。この静電容量の変化は、ファームウェアを必要とするマイクロコントローラーによって検出されます。ファームウェアの開発が必要となるため、静電容量式タッチユーザーインターフェイスは通常、より高度な設計プロセスを伴います。

ユーザーコマンドを実行するファームウェアのプログラミングに加え、設計者はカスタムHMIの人間工学的要素およびデザイン面についても検討する必要があります。具体的には、バックライトの品質、表示や記号の視認性、タッチ感度、音声アラートなどが挙げられます。





HMIの課題

このような進化にもかかわらず、多くのメーカーは依然としてこれらのソリューションを効果的に実装することに課題を抱えています。優れたHMI設計には、過去の製品で効果を発揮してきた設計手法に関する知見が必要です。インターフェース技術におけるいくつかの課題は、繰り返し発生します。

こうした場面では、HMIに精通した製品設計および開発コンサルタントが、ユーザー操作系の高度化を目指す設計チームに対し、貴重な指導と支援を提供できます。関連する技術的およびエンジニアリング上の課題を深く理解する経験豊富な開発パートナーは、メーカーが自社製品に最適なソリューションを特定し、商品化を成功させるのに役立ちます。

トリガーの差別化

タッチコントロール面の一般的な例として、ガラストップの電気レンジが挙げられます。従来の静電容量式タッチは物体の存在を感知しますが、静電容量の変化の原因を判別することはできません。このように特定性が欠けているため、例えば猫がコンロの上を歩いただけで、誤って加熱機能が作動してしまう可能性があります。

同様に、液体が飛び散りやすい表面では、液体が静電容量の変化の手段となり、機能が意図せずにオンまたはオフになる可能性があります。

センサーの配置やファームウェアで特定の設計を選択すると、静電容量式スイッチが予期せず起動する可能性がなくなります。

表面材料

すべての表面材料が従来の静電容量式タッチソリューションをサポートしているわけではありません。ファッションナブルな台所用家電製品の仕上げであるステンレススチールは、静電容量式タッチに対応していません。メーカーはプラスチックパネルでステンレス鋼の質感を再現できますが、タッチ面に本物のステンレス鋼や他の特殊素材を採用する製品の場合には、静電容量式以外の代替技術を採用する必要があります。

視認性とバックライト

バックライト付きグラフィックスと静電容量式タッチの組み合わせを最適化するために、柔軟なハイブリッドエレクトロニクスにおける一連のベストプラクティスが登場しました。

表面のバックライトエリア上の静電容量式タッチ領域の設計は、多くの場合、PEDOTと呼ばれる透明な導電性インクによって達成されます。透明なポリエステル基板では、銀とPEDOTインクを使用して印刷された電子フォイルを作成し、グラフィックとグラフィックの後ろにあるLEDの間に配置します。PEDOTインクは、フォイルの背後からグラフィックまでの光の透過に最小限の影響しか与えないため、鮮明なバックライト映像を提供します。

触覚フィードバック

触覚のあるボタンのクリックの感覚が好きな人もいます。ガラス面のタッチ操作では、機械式スイッチやある程度はメンブレンスイッチ・金属ドームボタンに見られるような、接触を確実に知らせる「クリック感」が得られません。ただし、この効果を再現するための取り組みも行われています。

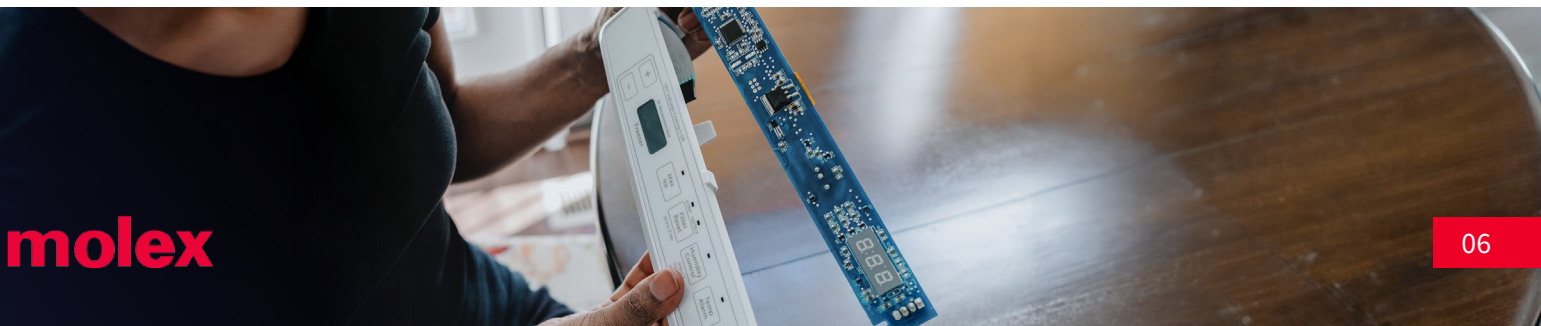
この新機能は**触覚フィードバック**と呼ばれます。例えば、デバイスは、押された時にわずかに振動し、ユーザーに触覚的な手ごたえを与えます。触覚フィードバック技術は、静電容量式のHMI回路に組み込むことが可能です。

HMIの今後

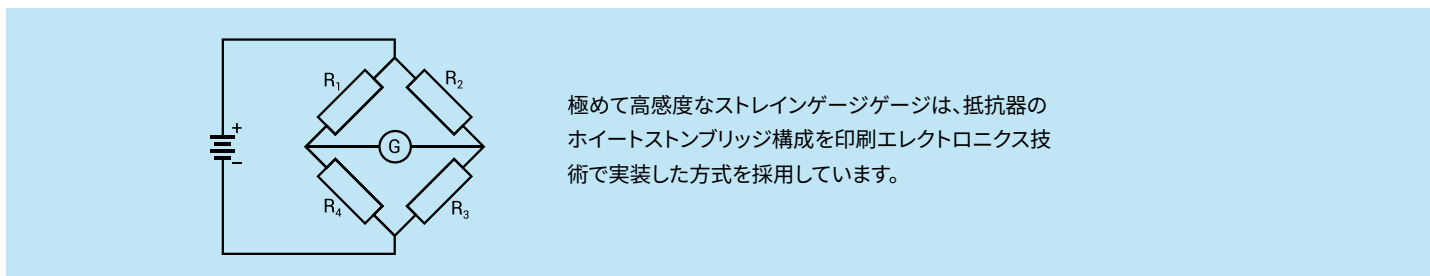
HMI分野における最近のイノベーションは、一般的な課題や制約に対処するため、静電容量式タッチを超えた技術にも広がっています。例えば、以下の3つの新技術はいずれも、実際の金属表面上でタッチ操作を可能にする試みです。

ストレインゲージ

ストレインゲージは、物体のひずみや変形を測定するために使用されるデバイスです。ストレインゲージは、物体の変形を測定・分析可能な電気信号に変換することで動作します。新しい開発により、数マイクロメートルの物理的変位を検出できる感度の高いセンサーが作成されました。



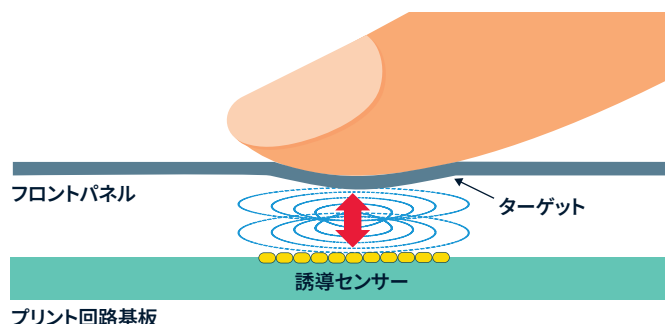
ストレインゲージは、薄膜などの柔軟な材料に取り付けることで、電子タッチインターフェースを作成するために使用できます。これは、本物の金属表面の裏に取り付けることができます。ある程度力で触れたり押ししたりすると、インターフェースが変形して、ストレインゲージの抵抗も変化が起こり、電気信号を生成します。この信号は、マイクロコントローラーまたは他の電子回路によって増幅、処理、および解釈されて、タッチまたは圧力を検出し、応答することができます。



ホイートストンブリッジ構成の抵抗センサーをポリエステル基板上に印刷することで、コンパクトかつコスト効率に優れたタッチ制御を実現できます。この印刷されたエレクトロニクスは、力を検知する剛性のタッチ面の裏に取り付けることができます。

誘導タッチ

誘導センサーは磁場の変化に対して反応します。ストレインゲージと同様に、このタイプのセンサーは、ターゲットを偏向させるフロントパネルの裏に配置されます。このタイプのセンサーでは金属表面でタッチ操作が可能になるため、ステンレススチールの家電製品で動作します。また、圧力の変化にも敏感で、偶発的な動作が起きにくくなります。



超音波

空間的制限を突破するのは、超音波タッチセンサーです。これらのセンサーは、圧力（誘導タッチなど）や存在検知（静電容量式タッチなど）に依存しません。

超音波制御機構では、小型チップが超音波周波数（胎児の超音波検査などに用いられるもの）を発し、それを操作面全体に拡散します。指が表面に触れると、デバイスは音波の伝搬への干渉を検知し、その位置をピンポイントで特定します。

超音波は、あらゆるタイプの金属にタッチコントロールを施す機能に加えて、エレクトロニクスを接点から十分に離す機能を提供します。例えばコントロールは、非常に厚い鋼板やアルミニウム板に配置することもできます。

HMIエキスパートとのコラボレーション

家電製品のHMIを新たな技術へアップグレードすることは複雑で困難なプロセスですが、ますます要求が高まる市場においてメーカーが競争力を維持するためには不可欠です。

多様な設計技術や革新的なアプローチを採用することで、メーカーは製品を改良し、より高い付加価値を顧客に提供できます。先進的なHMIの方式およびエンジニアリングに精通した設計・開発組織と連携することで、家電メーカーは製品実装を成功に導くことができます。

数十年の経験を有するチームを選定することで、プロセスを迅速に立ち上げ、無駄な試行錯誤を削減し、最高水準の信頼性試験および生産技術をプロジェクトに適用できます。[MolexのHMIソリューション](#)の詳細をご覧ください。



Molexは、米国においてMolex, LLCの登録商標であり、その他の国でも登録されている場合があります。本書に記載されているその他の商標は、すべて各所有者に帰属します