

特定テーマ

2 ヒューマンインターフェースデバイスの要素技術開発

Technical Development of the Human Interface Device

森川 智宏 Tomohiro Morikawa システム機器事業部 技術部

1 まえがき

携帯電話やデジタルスチルカメラの普及、また車内環境ではカーナビゲーションシステムの搭載など様々なシーンで人と機器とがインターフェース（以降、ヒューマンインターフェースと称します）する機会が増えております。ヒューマンインターフェースの形は多岐に渡りますが、機器への入力動作を行う環境に絞ると、これまでシステム機器事業で培ってきた接触技術を様々な形で応用でき、多彩な技術ソリューションを提供することができます。

入力デバイスの分野で常に求められることは、操作ミスが無く高速に入力出来ることであり、かつ当然のことながら小型・軽量化の追求も必要となります。また、近年のコンシューマー市場を見ると、製品のライフサイクルが非常に短くなり、デザイン性を重視する傾向が強くなってきております。そのため入力デバイスの開発においては、コアとなる要素技術を確立し、これを様々な製品にオンデマンドで提供していくことを重視して開発に取り組んでおります。

本論では、まずシステム機器事業の発端となったスイッチ製品のコア技術に関して接触技術の原理とその応用製品を紹介し、次にタッチパネル技術の概要、さらに後半では近未来のヒューマンインターフェースデバイスを創造し、今後の技術的な取り組みの方向について紹介します。

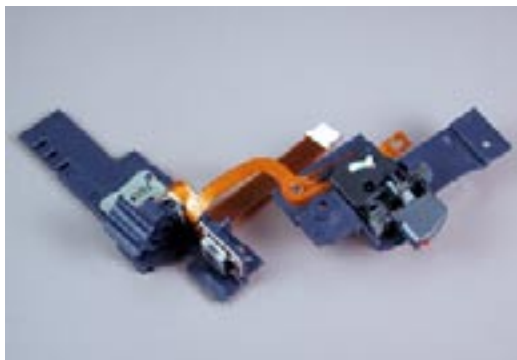


写真1 スイッチブロック製品

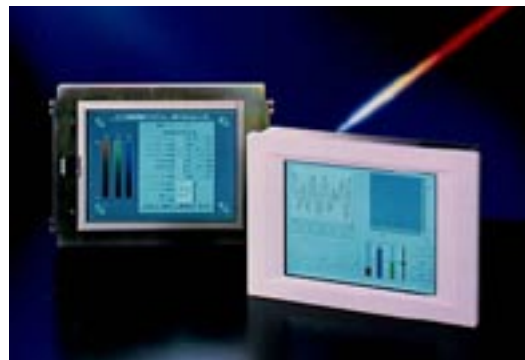


写真2 タッチパネル応用製品

2 入力デバイスのコア技術

2.1 接触技術を基底としたスイッチブロック製品の開発

2.1.1 接触の原理

接触技術を利用した製品として、複数のスイッチを同一基盤上に集積化したスイッチブロックと称する製品群を展開しております。ここで搭載される各種スイッチの接触技術の基本は

- ① 接触抵抗特性（接点圧、コンタクト材料、表面処理）
- ② 絶縁抵抗特性（絶縁材料）
- ③ 耐電圧特性（絶縁材料、絶縁距離）
- ④ 操作特性（バネ特性、バネ構造）
- ⑤ 実装特性（実装工法、端子表面処理）

を設計することにあります。上記の中でも、特に接触抵抗特性の設計が重要となります。その原理を理解するために接触部を拡大して見ると、コンタクトとなる金属表面には酸化や腐食などによる汚染物質が表面に付着しており、真の接触（金属接触）部は写真3で示す部分のみであることが分かります。したがって、実際に接触部を流れる電流は真の接触部を流れる電流と汚染物質が付着した部分で起きるトンネル効果等による電流（皮膜接触）の和となり、これを接触抵抗で言い換えると、金属接触部の抵抗（集中抵抗）と皮膜接触部の抵抗（境界抵抗）の和となります（写真4参照）。写真4の部分を等価回路で表すと図1のようになります。

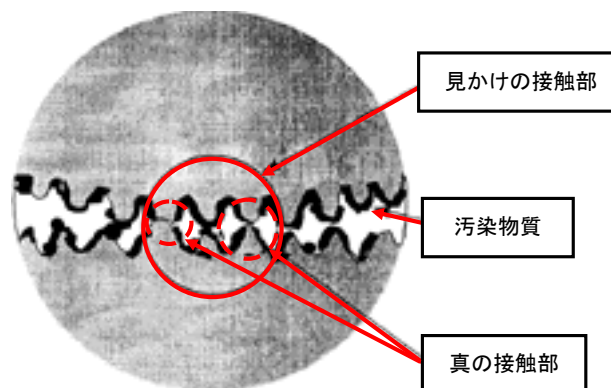


写真3 接点部分の拡大写真

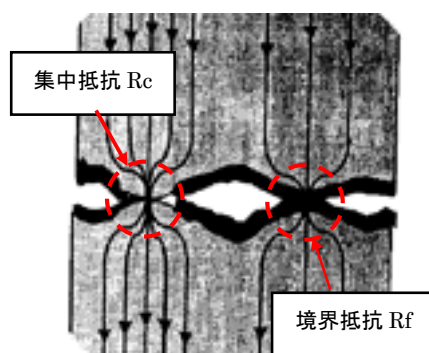


写真4 接触抵抗と境界抵抗

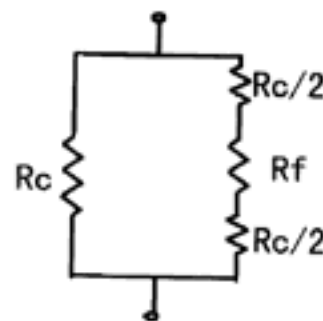


図1 接触抵抗の等価回路

ここで、集中抵抗 R_c はコンタクト材料の抵抗率に依存し、境界抵抗 R_f はコンタクト表面に付着した汚染物質の影響に依存します。

この原理に従うと、接触抵抗の特性改善を図るには境界抵抗部を極力減らし、その分を集中抵抗に変えることが必要です。そのため、実際の設計では接触部のバネ特性を改善して集中抵抗部を増加させ、また接触の安定化向上と境界抵抗部の低減（集中抵抗部を増加）のため汚染皮膜の発生防止策として金属端子の表面処理を施します。

2.1.2 メタルドーム接点における接触技術の適用

接触技術の具体的適用例として、メタルドーム製品における設計事例を紹介致します。

メタルドームは様々なスイッチ製品の接触部として広く使われおり、高い接触信頼性と、用途毎に適した操作感触（クリック感など）が求められます。まず接触部の特性に関して説明いたします。メタルドームにおける接触部の表面処理の差異による接触抵抗特性の変化を測定した結果をグラフ1に示します。測定サンプルは写真5で示す構造のドーム接点部分で、メタルドームはステンレス材料が基材となっており、評価ではメッキ無し（ステンレス基材のみ）、ニッケルメッキのみ、ニッケルメッキ上に銀メッキを施したときの3種類で比較を行いました。

基盤側はFPCで、パターン（メタルドームとのコンタクト部）の表面仕様は金メッキ処理を施しております。

この結果から、メッキ仕様を施すことで著しく接触抵抗を低減させる効果があることが分かります。また、サンプル毎の接触抵抗値のバラツキも小さくなっており、個々の接触抵抗の低減効果だけでなく、大量生産時の接触抵抗値の安定性向上も図れることが分かります。

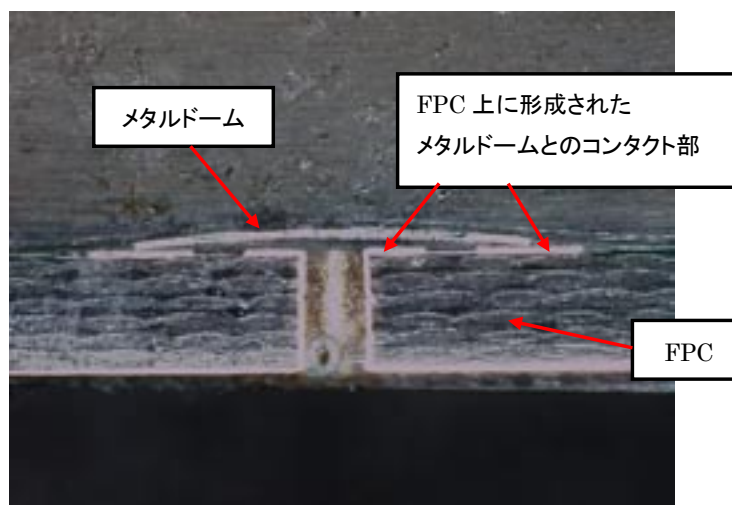
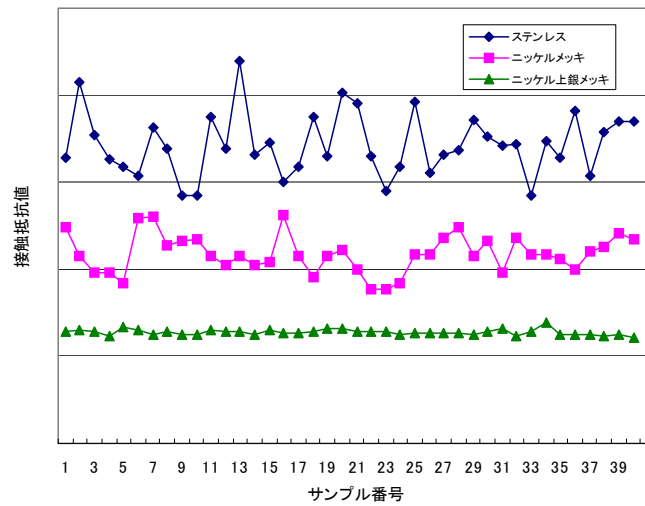


写真5 FPC上に搭載したドーム接点の構造（断面写真）



グラフ1 メッキ仕様と接触抵抗値の相関

次にメッキ違いの3種類を環境評価試験にかけたときの測定結果を表1に示します。評価方法に関しては JIS 規格で規定されている「電子機器用スイッチの試験方法」C 5441-1994 に準拠した試験で行いました。

ここで、接触抵抗の試験前後の変化率を比較すると、メッキ無しおよびニッケルメッキ仕様では試験前後で大幅に変化していることが分かりますが、一方、ニッケル上銀メッキ処理を施したものは、いずれの評価結果を見ても変化率の変動が小さいことが分かります。この結果を前述した原理の上から考えると、金属表面に付着する汚染物質を抑制する効果がメッキ処理にあることになります。よってメッキ処理には環境特性を改善する効果もあり、信頼性を向上させることが出来ると言えます。

表1 環境評価試験結果

試験項目	メッキ仕様	変化率 [%]
高温高湿	メッキ無し	15
	ニッケルメッキ	170
	ニッケル上銀メッキ	4
高温	メッキ無し	15
	ニッケルメッキ	90
	ニッケル上銀メッキ	2
低温	メッキ無し	250
	ニッケルメッキ	3
	ニッケル上銀メッキ	3
温湿度サイクル	メッキ無し	20
	ニッケルメッキ	200
	ニッケル上銀メッキ	1
温度サイクル	メッキ無し	150
	ニッケルメッキ	60
	ニッケル上銀メッキ	13

これまで上述したように、表面処理により接触抵抗の低減化や信頼性の向上を図ることが出来ますが、接触する金属同士の親和性の考慮も必要となります。表2に異種金属間の接触親和性を示します。表2において、白丸は同じ金属同士の接触であり親和性が最も良く、黒丸は比較的好ましいものとなります。

入力デバイス用メタルドームの設計では、基盤側接点がプリント基板もしくはFPCとなりますので接触部の平滑度や耐腐食性の面から金メッキ処理されることが多いです。そこで表2からメタルドーム側の金属種候補を見ると、Group番号で1から3が好ましいことが分かります。そのなかでも、Au系が最も親和性が良いのは当然ですが、コストが高いというデメリットがあり、逆にAg系はAu系よりも親和性は劣りますが、コスト面でメリットがあります。つまり、この点で要求仕様（接触親和性）と許容されるコストとのトレードオフが存在します。現在、設計しているメタルドームでは、最終的な使用環境から判断して銀系の表面処理を選択する場合が主流となっております。

表2 異種金属間の接触親和性

Group番号	金属種	BMFvs SCE(V)	AI	組合せ可能な金属種
1	Au, Au-Pt合金, Pt	+0.15	0	○
2	Cu上Ag上Rh	+0.05	10	● ○
3	Ag, Ag分の高い合金	0	15	● ○
4	Ni, モネル, Ni分の高いNi-Cu合金	-0.15	30	● ○
5	Cu, low-brass, 青銅, 銀め, ジェーマンシタール, Ni分の高いCu-Ni合金, オーステナイト系ステンレス	-0.20	35	● ○
6	65-35 brass, コアシャフトロンス	-0.25	40	● ○
7	high-brass, 青銅, ネール黄銅, Munis-dial	-0.30	45	● ○
8	18-Crステンレス	-0.35	50	● ○
9	Cr, Sn, 12-Cr系ステンレス	-0.45	60	● ○
10	Sn, プリキ板, 半田	-0.50	65	● ○
11	Pb, Pb分の高い合金	-0.55	70	● ○
12	Al合金(シアルミンアル)	-0.60	75	● ○
13	Fe, 純鉄, 鋼鉄, 可鍛鉄, その他成分の低い鉄	-0.70	85	● ○
14	Al合金(シアルミンアル以外)	-0.75	90	● ○
15	Si含有しないAl製造品	-0.80	95	● ○
16	溶解亜鉛, トン	-1.05	120	● ○
17	Zn, Znがけヤス	-1.10	125	● ○
18	Mg, Mg合金	-1.60	175	● ○

2.1.3 スイッチブロック製品への応用例

上述した接触技術を入力デバイスのコア技術として活用し、ドームシートや4方向スイッチ等の入力デバイス製品に応用した例を紹介いたします。写真6は4方向スイッチ、写真7はシャッタースイッチ、写真8は携帯電話用ドームシートとなります。

前述したように、近年これらの製品においてはデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ向けの需要が多く、スイッチ単体で製品化するよりも複数のスイッチを同一基盤上に集積化した製品（「スイッチブロック」と呼んでいる製品）に展開するケースが増えております。



写真6 4方向スイッチ



写真7 シャッタースイッチ

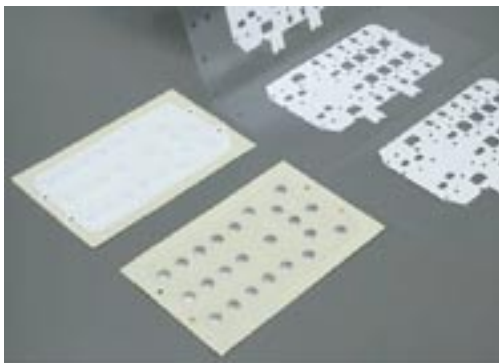


写真8 携帯電話用ドームシート

2.2 ヒューマンインターフェースデバイスの開発

表示器に直接入力機能を付加するタッチパネル技術の取り組みについて紹介します。

タッチパネルの入力検出方法としては、抵抗膜方式や光学方式などがありますが、本稿では光学式を利用したタッチパネルについて紹介いたします。まず、光学方式での入力検出の原理を図2に示します。光学式タッチパネルは、赤外線LEDなどの発光素子とフォトランジスタやフォトダイオードなどの受光素子を対向して配置し、平面上に光線を格子状に配置した構造として、光線が遮断された位置を検出することでタッチした位置を求めています。

光学方式の原理

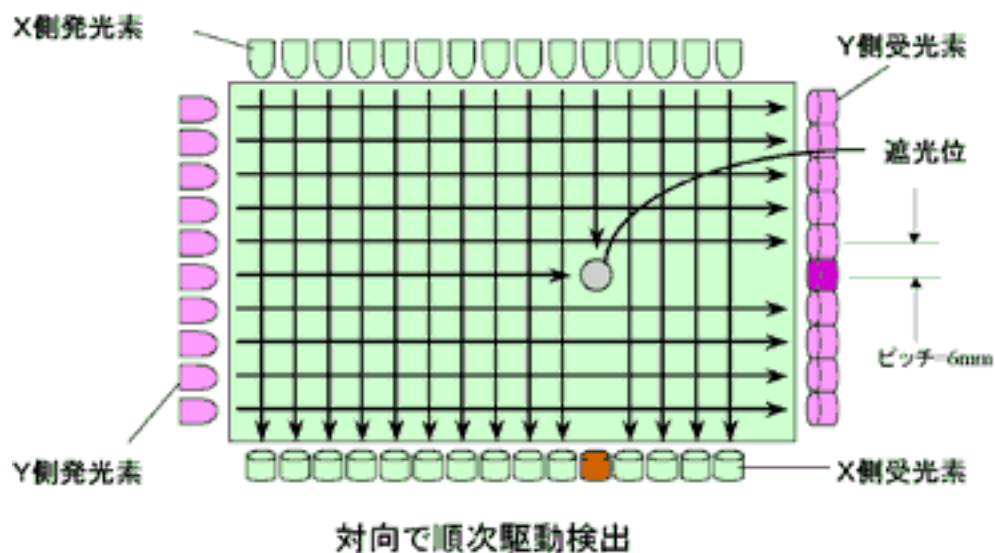


図2 光学式タッチパネルの構造と入力検出方式の原理

この技術を応用した製品展開として、車載用カーナビゲーションシステムに適用した例を写真9、10に紹介します。



写真9 光学式タッチパネル応用製品



写真10 実際に車に搭載した時の外観

光学式タッチパネルの開発においても低消費電力化や狭額縁化、また低価格化の要求があるため、受光・発光素子を片側に集め、その反対側に高効率の反射板を配置した構造の反射式タッチパネルなど更に新しい技術開発に取り組んでおります。

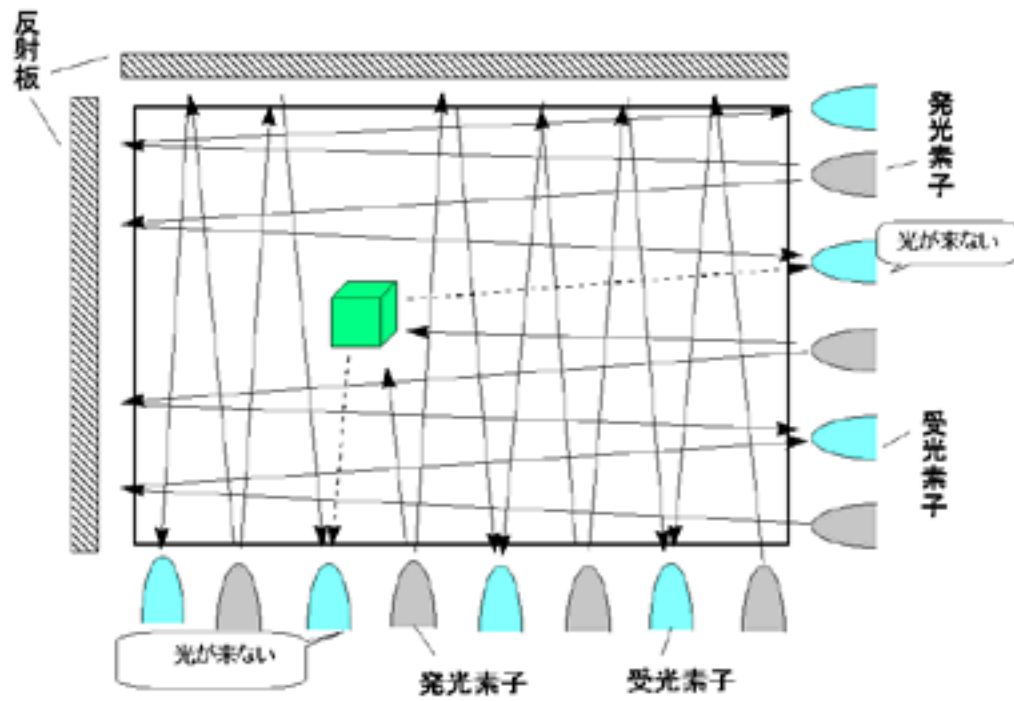


図 3 反射式タッチパネルの構造と入力検出方式の原理

3 近未来ヒューマンインターフェースデバイスの技術開発動向

3.1 接触技術の革新

本稿で紹介したメタルドームでは長年培ってきた接触技術を応用することで、安定した接触信頼性と適した操作感触を実現しており、現在様々な市場にスイッチ製品の一部として供給しております。近年では、携帯電話やデジタルスチルカメラといった市場向けにスイッチブロック製品としての需要が非常に増えております。この分野においては、一般コンシューマー向け製品となるため、市場価格の激化から一部品に対するコストも非常に厳しく、また、製品出荷台数が多いため、品質的にも数量的にも安定提供し続けることが重要となります。そのため、現在この市場に特化したメタルドーム製品の開発が急務であると捉えております。

コンシューマー市場の要求スペックの中で着目すべきは接触抵抗値です。現在われわれが提供している製品で実現している抵抗値よりも1桁程度高くても許容されることが分かっており、ここでの余裕度をコストに反映させる技術開発が、現在最も大きな課題となっております。

接触抵抗値の緩和から考えると表面処理工程を減らし、コストに反映する手段が効果的ですが、前述の通り、接触抵抗値のバラツキを抑える技術が表面処理であることから、それを省略することは大量生産時の安定供給という面で不安が残ります。

そこで、具体的には

- ① ニッケルメッキ処理の技術革新
- ② メッキ材料の検討（ニッケル以外）
- ③ 基材自体の検討

の改善・新規開発に取り組んでおります。

また、将来（究極的）にはメッキ処理を施さずに基材のみで現状と同等の品質を実現することを目指し、材料の研究と最良な接触部形状の研究を行っております。

3.2 スイッチブロック製品のインテリジェント化

単体スイッチの開発以来、これまでにわれわれが描いてきた入力デバイスの開発ロードマップは図4のようになります。現在では、本稿で紹介したような各種スイッチを集積化したスイッチブロックと呼ぶ製品群にまで発展・実現することが出来ており、今後はスイッチブロックの更なる進化形として、制御機能を搭載したインテリジェントな製品展開（システムスイッチと呼んでいる製品群）を考えております。

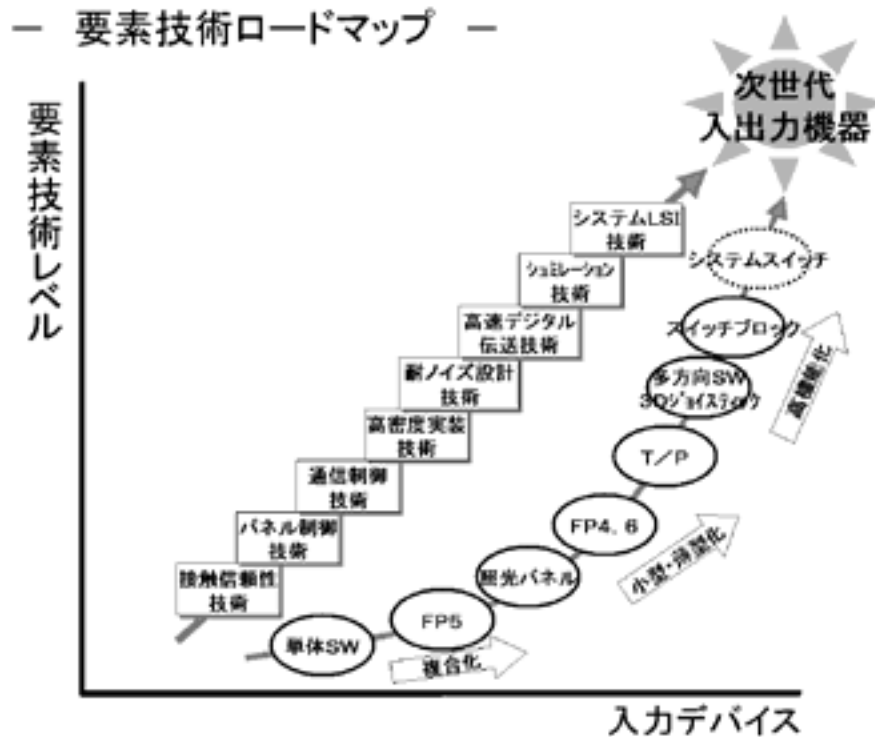


図4 入力デバイスの開発ロードマップ

スイッチブロック製品では複数のスイッチが混載されていくと共に、信号として出力する端子数が増加します。そこで、携帯機器などの物理的なスペースの確保が難しい製品向けに、制御機能の搭載による信号本数の削減、且つ高付加価値な技術ソリューションの提供を目的としたインテリジェントなスイッチブロック製品の開発を考えております。また、携帯機器の傾向としてメモリー増加などの目的でメモリーカードを搭載するものが増えてきており、メモリーカード制御までをスイッチブロックの同一基盤上で行うことも可能と考えております。

機能イメージ（ブロック図）は図5のようになります。スイッチブロックとマザーボード側の通信はシリアル転送などの汎用インターフェースを用い、信号の本数を極端に減らすことを想定しております。メモリーカード制御を含む場合は、転送レートが重要になりますので高速なUSBインターフェース等を採用することが有効と考えます。ただし、LSIの内蔵化はマザーボードとの接続信号本数を低減させる効果がありますが、逆にスイッチブロック内の実装が高密度化されますので生産技術的課題は大きくなりますが、これまでに培った高密度なSMT実装や半導体ベアチップ実装技術を保有しておりますので、COB(Chip On Board)実装やベアチップ実装技術を駆使し、実現化を図ります。

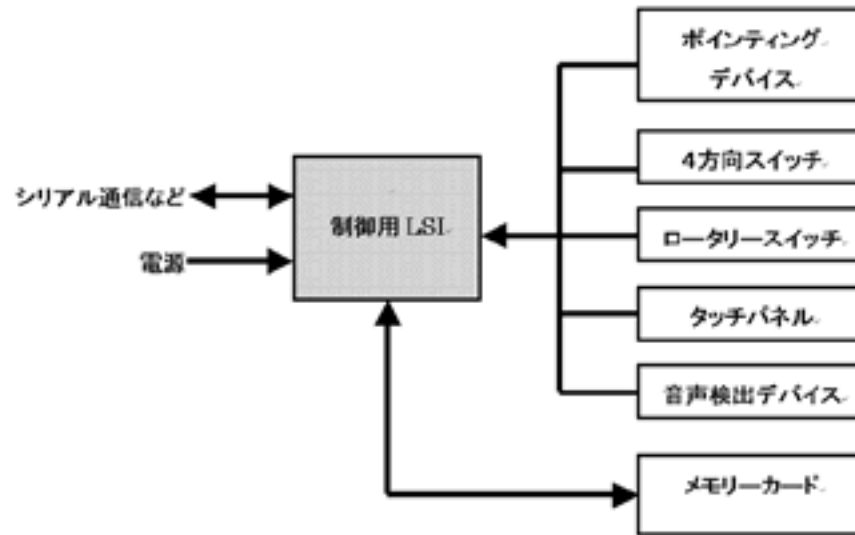


図 5 インテリジェントなスイッチブロック製品の機能ブロック図

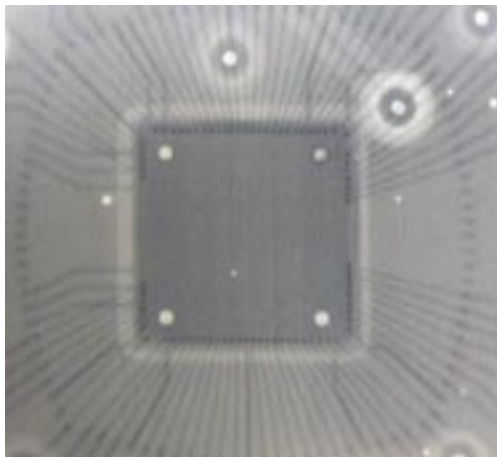


写真 11 COB 実装の透過写真



写真 12 フリップチップ実装応用製品

3.3 近未来ヒューマンインターフェースデバイスへの取り組み

ここまでは長年培ってきた接触技術を中心に現状の要素技術、今後の展開に関して紹介してきましたが、次により広義に入力デバイスを捉え、近未来のヒューマンインターフェースを創造し、今後取り組んでいこうとする技術開発の動向に関して紹介します。

本稿の冒頭でも触れましたが、人と機器とがインターフェースするシーンが様々な場所と時間で増えており、携帯電話に代表されるように「常に身に付ける」ことが一つのキーワードとして挙げられます。また、車載環境ではカーナビゲーションシステムの搭載率が増え、今後更にインターネット接続が普及するなど高機能化されていき、「いつでも どこでも すぐに つながる」ことが重要になります。一般的に「ユビキタス」と称されておりますが、その時代の到来により、マシンマシン間の接続環境は大きく向上すると思われます。ですが、最終的な人とマシンとのインターフェースが改善されない限り、ユビキタス社会が多くの人々に喜ばれる社会とはなり得ないと考えます。この観点から、これから4～5年先に訪れるユビキタス時代に発揮する近未来ヒューマンインターフェースデバイス開発の指標として、「操作性の未来を創造」をコンセプトに掲げております。

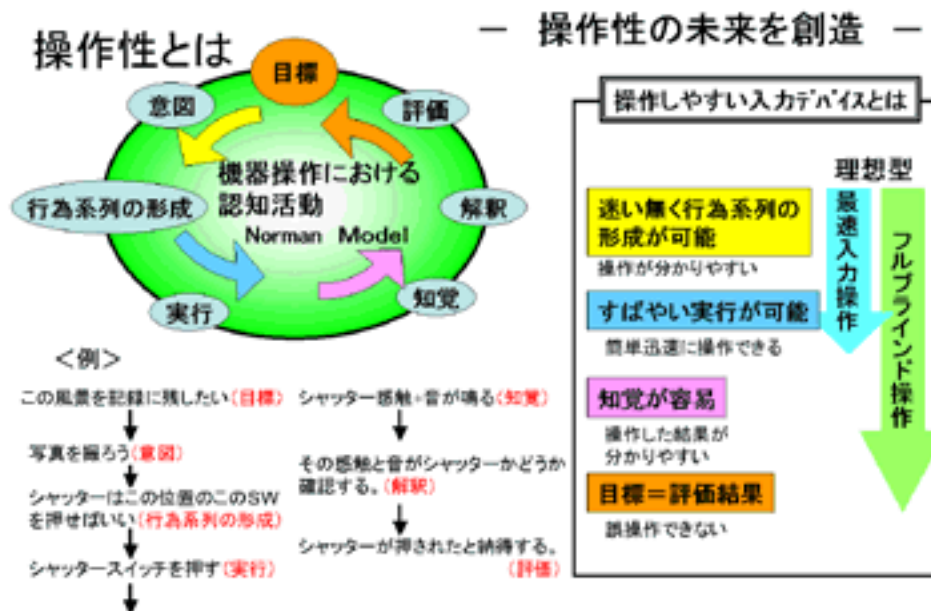


図6 操作性の分析

ここで、ヒューマンインターフェースの基礎である操作性の分析に関して図6で紹介します。われわれが分析した結果では、操作とは目標から始まり、評価で終わる7つの一貫した認知活動であると捉えます。

この分析結果を踏まえ、操作し易い入力デバイス、理想的な入力デバイスを考えると、

- ① 最速入力操作
- ② フルブラインド操作

の2点がキーワードで挙げられます。

この2点がユビキタス時代に欠かせない入力デバイスの具体的キーワードになると位置付け、最も重要視する項目に捉えております。

次に、表示機器のみに着目して未来予測してみると、表示を見ながら入力を行う場合、タッチパネル技術が今後も有効と考えられます。この分野では表示器の技術進歩に合わせた技術開発が重要となります。表示器の進化には、画面の縮小化の流れと、相反する拡大化の流れがあり、画面の縮小化では小さい画面の中で高精細な表示をするため、それに伴った高密度な入力検出方式の開発が必要となります。現行の抵抗膜方式で考えると、抵抗体の材料技術の進歩が必要になります。また、大画面化に対しては持ち運びの問題がありますので、色々な形状をした表示器が創造出来ます。極端には新聞のように折りたたんで持ち運んだり、図面のようには丸めたりすることが出来るようになり、表示器自体が紙に近づいていくのではないかと予想されます。これを予見するとタッチパネルの薄型化、フレキシブル化に大きな需要があると考えられます。これに向け、フレキシブルな材料で実現できる入力方式の開発と材料の研究を行っております。また、駅の券売機などで多くタッチパネルが使われていますが、入力されるときに感触が無いため、つい画面を強く押し過ぎてしまい画面に指紋や傷がつき表示品質が落ちてしまうことがあります。これを解消するために、指紋がつかないタッチパネルや操作感触をお客様に与えるタッチパネルの開発に取り組んでおります。

また、デバイス全般に共通する事項として、機器が小型多機能化されていくことを考えると、部品個々においても単に小型軽量化するだけでなく、搭載する機能の多彩化したインテリジェントタイプも必要になるのではないかと予見されます。前述したスイッチブロックのインテリジェント化と同様の予見となりますが、機能を集積化するという面においては、やはり半導体を利用すること（内蔵すること）が最も現実的です。半導体の微細加工技術は既にナノオーダーまで進歩しており、かなり大規模なシステムを数ミリ角のチップに内蔵することができます。一般的にシステムLSIと呼ばれる分野となりますが、この分野においてはHDL言語やC言語を用いたハードウェア記述によるオリジナルなIP（設計資産）の開発と蓄積に取り組んでおり、近未来ヒューマンインターフェースデバイスに特化したLSI開発が実現可能な段階に来ております。

メモリーカードリーダー／ライター用で開発したシステム LSI

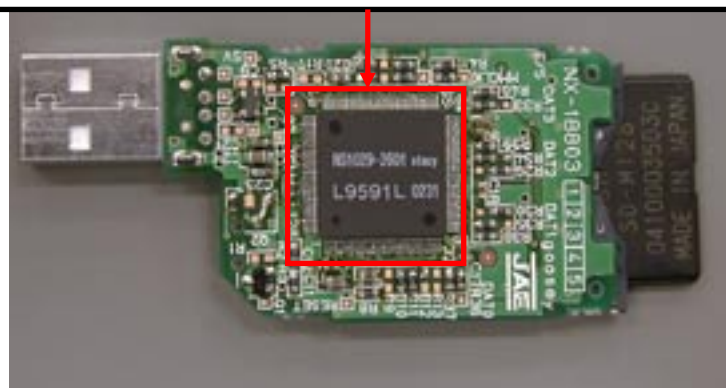


図 13 当社カスタムで開発したシステム LSI

上述したように、ユビキタス社会の到来によりマシン・マシン間の接続環境は飛躍的に向上しても、人とマシン間のインターフェースが改善されないと多くの人々に喜ばれる社会になり得ないとの観点から、入力デバイスのユビキタス対応を必要不可欠と考えると、セキュリティー技術も視野に入れ、技術的に対応できることが重要となります。セキュリティー技術は情報交換を行う双方向の問題となるので、ハードウェアのみでは実現できず、高いソフトウェア技術が必要です。また、様々な OS (オペレーションシステム) 上での互換性等も確立していなければユビキタスになり得ないため、ドライバソフト開発技術等も保有することが必要と考えられます。そのため、現在では写真 13 にあるメモリーカードリーダー／ライター製品等で、ドライバソフトを含めたソフトウェア開発にも注力しており、更なる技術革新を行っております。

システム機器事業におけるヒューマンインターフェースデバイス開発は、スイッチ製品における接触技術に始まり、小型・薄型化と集積化の展開を経て、今後のユビキタス社会に向けては高機能化へと向かうものと考えており、「操作性の未来を創造」をコンセプトにこれから 5 年、10 年先にどのように社会が変わっていくのかを常に創造し、お使いいただくお客様の付加価値向上に貢献できる製品を提供し続けていきたいと考えております。

4 むすび

システム機器事業部では接触技術をコアとしたスイッチ製品の開発を発端に、現在まで様々な入力デバイスを開発してきました。本稿では各種スイッチの接点部分で利用しているメタルドームの接触要素技術に関して紹介しましたが、この製品ではこれまでに培ってきた接触技術を余すところ無く応用しており、非常に高い接触信頼性を実現・提供することが出来ております。今後も更に材料の研究、表面処理の技術革新を行い、より安価で接触信頼性の高い製品を提供し続けていくことを目標に取り組んでおります。

また、本稿では製品群の紹介程度でしか触れることが出来ませんでしたが、タッチパネルやポインティングデバイスなど人と機器とがインターフェースする部分に着目した製品開発も数多く手掛けており、特に車載機器や産業機器向けに提供してまいりました。今後はより広義にヒューマンインターフェースを捉え、現在保有している要素技術の応用や全く新しい技術開発に取り組み、市場のトレンドとニーズに対して常に同期した製品をリアルタイムに提供すること、また提供可能な技術を多彩に揃えオンデマンドであることを重視して開発を行っていきます。