シースルー構造を持つ薄型押しボタンの実現

工藤 卓也，鷲見 昌昭，阿形 剛宏，鬼塚 浩之

人々の余暇創造および娯楽であり、エンターテインメントを提供する観光産業でもあるカジノ業界で、近年、カジノマシンの進化が激しくなっており、カジノフロアにいる人々を惹きつけ、プレイ中の人々に没入感を与えるカジノマシンの電飾をはじめとする演出内容も年々進化している。このような業界トレンドにもかかわらず、カジノマシンでゲームを開始する重要な役割を持つ SPIN ボタンは、押し感触が求められることから物理的な押しボタンのままである。

我々は、次世代のカジノマシンに向けた SPIN ボタンをカジノマシンメーカ各社に提案、提供すべく、これまでに日本のアミューズメント業界で経験・蓄積してきた耐衝撃構造や電飾機能といった技術を組み合わせ、液晶ディスプレイ（LCD）上に配置できるほど薄型でありながら、押し感触が得られ、従来ボタンよりも耐久性能に優れ、防水機能も有する物理的な押しボタンを実現した。この実現により、カジノマシンメーカ各社はボタン下部に配置している LCD を活用することでボタン上の絵柄デザインを、コンテンツ毎に簡単に変更することが可能となる。ここで、コンテンツとは例えば映画やテレビ番組の版権とのタイアップ作品などを指す。また押しボタン外側の LCD 表示と連続した絵柄デザインの表示やアニメーションの表示も可能となり、未来感あるカジノマシンの実現に向けた一歩となる商品である。

Realization of Thin Push Button with Large Transparent Section Structure

KUDO Takuya, SUMI Masaaki, AGATA Takehiro and ONITSUKA Hiroyuki

In the casino industry, which is a tourism industry that provides entertainment as well as leisure time creation and amusement for people, the direction which attracting player, of casino machines have been evolving rapidly in recent years, and the visual area has been expanding year by year. However, the SPIN button, which is an important button to start a game, remains a conventional physical push button because it needs to feel realistic.

We have realized a physical push button that is thin enough to be installed on the liquid crystal display (LCD), yet provides a realistic push feeling, better switch durability than conventional buttons, and a water resistance function to providing SPIN button for new generation casino machine to casino machine industry by combining technologies that have been experienced and accumulated in the Japanese amusement industry. This SPIN button allows casino machine manufacturers to change the display of button surface easily using LCD installed underneath the button for each gaming contents. In addition, it is possible to create a continuous LCD performance with the LCD display on the outside of the push button switch, which is a step toward the realization of a futuristic casino machine.

1. まえがき

今日、駅の券売機や ATM のように LCD とタッチパネルを組み合わせて、表示と操作を可能にする機器を当たり前のように多く見ることができる。カジノマシン（スロットマシン）においては、かつては機械式のリールと物理的な押しボタンを組み合わせた機器であったが、近年はその様子が大きく変化している。なおリールとは、カジノマシンの中で回転し、絵柄や数字が印刷されている筒状の部品であり、プレーヤーが SPIN ボタンを押下すると回転し、再度押下すると停止する。また、リール停止時の絵柄や数字などの揃い方により当選金額が決定される。このような機械式リールは大型の LCD に取って代わり、LCD 上でリー

Contact : *KUDO Takuya* takuya.kudo@omron.com

ルの動きを表現している。また操作ボタンは物理的な押しボタンから LCD とタッチパネルを組み合わせた構成となっている。図 1 に機械式リールタイプのカジノマシンと大型 LCD タイプのカジノマシンの概略図を示す。

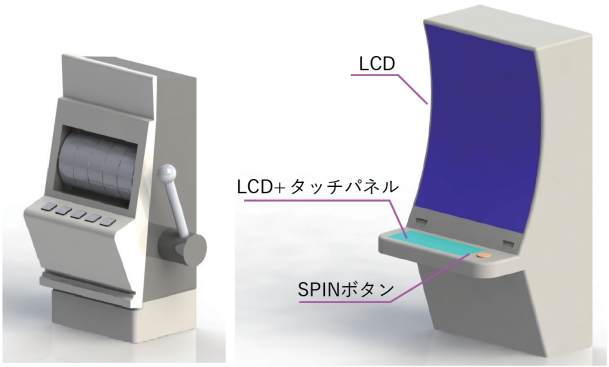

図 1　カジノマシン概略図

また図 2 にそれぞれのタイプの操作ボタン部の上面からの概略比較図を示す。

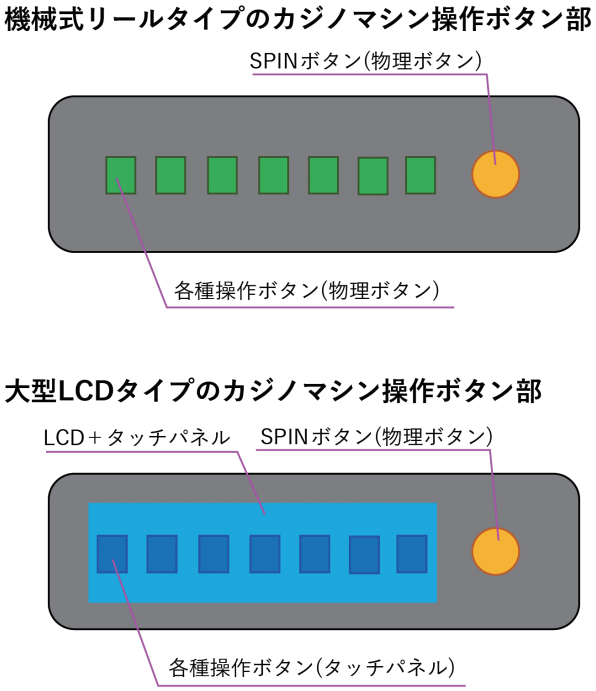

図 2　操作ボタン部の概略比較図

カジノマシンや操作部ボタン部が上記のように変化しているのは、プレーヤーの没入感を向上させ、カジノマシンの稼働率向上を目指したためである。カジノマシンの各所に設けた LCD が演出領域を拡大し、プレーヤーの没入感向上に一役買っている。

このようなカジノマシン業界のトレンドにも関わらず、ゲームを開始する操作（リールを回し始める操作）はタッチパネルとは別に用意された物理ボタンである SPIN ボタンを押すことで実施している。SPIN ボタンを押すことは、お金を消費してゲームをスタートさせることを意味する。よって、プレーヤーが意図せず押してしまうことを防止するため、SPIN ボタンは操作感触のある物理ボタンとして残っている。

また、従来の SPIN ボタンは、操作感触のある押しボタンでカジノマシンへの取り付けが簡単な構造になっているものが多い。これは SPIN ボタンが壊れたらすぐに交換できるようにするためである。図 3 に従来の SPIN ボタンの概略断面図を示す。

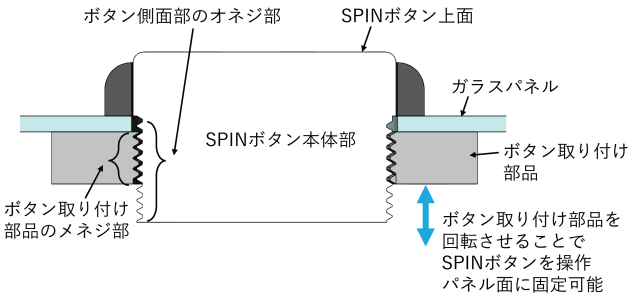

図 3　従来の SPIN ボタンの概略断面図

SPIN ボタン本体部とボタン取り付け部品にそれぞれオネジ部/メネジ部を設け、ボタン取り付け部品を回転することで SPIN ボタンをガラスパネル面に固定することができる。これによりドライバーなど工具を用いずに SPIN ボタンの脱着作業を完結することができる。

このような SPIN ボタンは「壊れたらすぐ交換する」という特徴のため、SPIN ボタン自体は簡素でコストを抑えた作りになっている。カジノマシンとしては大型 LCD 化やタッチパネル操作が主流となり、未来感のある進化が見て取れるが、SPIN ボタンはこのトレンドから遅れをとっている。

表 1 に従来の SPIN ボタンのメリット、デメリットをまとめた内容を示す。

表 1　従来の SPIN ボタンのメリット/デメリット

メリット	デメリット
製品単価が安価	製品外観に高級感がない
交換性に優れている	スイッチ操作の耐久性が低い／防水機能がない
マイクロスイッチによるフィーリングの良いスイッチ操作感触	表示機能が乏しい（領域狭く、内容も固定）

先述のとおりコスト重視の作りとなっており、例えばSPIN ボタン上面のデザインはボタン上面部品の表面への印刷やボタン上面部品裏側に印刷シートを挿入する手法を取られてきた。このような構成では製品コストは抑えられる反面、デザインを変更したい場合、ボタン上面部品の取り換えや印刷シートの取り換えがカジノマシンのコンテンツ毎に必要となるデメリットがある。

カジノマシンの近年のトレンドから遅れをとっているSPIN ボタンに対して、我々はこれまで日本のアミューズメント業界で経験・蓄積してきた耐衝撃構造や電飾機能といった様々な技術を盛り込むことによって、未来感のあるカジノマシンの実現に向けた、薄型で高級感があり、SPIN ボタン上面の表示は図 2 で示した LCD を活用することで様々な絵柄デザインを表示できるシースルー構造を持つ SPIN ボタンを実現した。

2. カジノマシン業界のニーズ

LCD と物理的な SPIN ボタンという組み合わせがトレンドとなっているカジノマシンであるが、いかにしてプレーヤーを惹きつけられるか？という課題が常に存在することを把握してきた。この課題を解決するため、1 章で述べたとおり各カジノマシンメーカーは演出に拘ろうとしており、例えば操作パネルの LCD 表示領域を拡大し、よりプレーヤーを惹きつける映像を表示している。

操作ボタンがタッチパネル式であればシート状のタッチセンサをガラスパネルと LCD の間に配置し、LCD 表示領域を拡大できる。しかし物理的な押しボタンである SPIN ボタンはボタン自体に厚みがあり、ボタン下部に LCD を配置することはできない。プレーヤーを惹きつける方法の一つとして、LCD を活用し SPIN ボタン上面のデザイン内容を簡単に変更可能にするには、① SPIN ボタン上面に LCD を配置する、② SPIN ボタンを薄型化かつシースルー構造としボタン下部に LCD を配置する、の 2 案が考えられる。図 4 に案①および案②の概略図を示す。

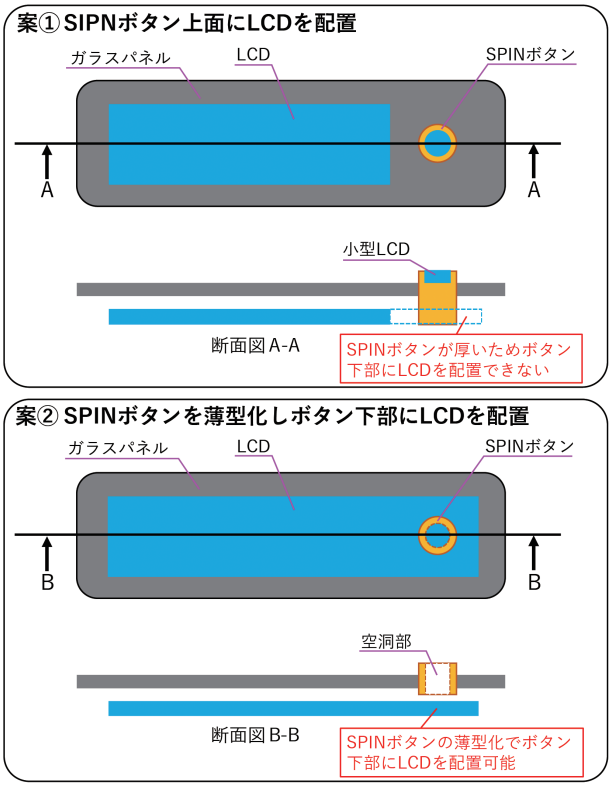

図 4　SPIN ボタン表示部拡大化（2 案）の概略図

案①については、ボタンに収まる小型LCD分のコストが追加となり、また表示制御もボタン用に作りこむ必要があるというデメリットがある。一方、案②ではボタン自体に LCD を搭載する必要がなく、表示制御も操作パネル LCD の延長で実施することができ、ボタン専用の制御を必要としない。また案②では、操作パネルと SPIN ボタンの LCD を共有していることから、SPINボタン外形よりすぐ外側から LCD 表示ができ、操作パネルと SPIN ボタンの表示に連続性を持たせることができる。図5は案②をベースとした、将来のカジノマシンの提案用コンセプトを示す。

図 5　未来のカジノマシンの提案用コンセプト

SPIN ボタンの内と外の LCD 表示に連続性を持たせることで、演出性の高い操作デッキの実現が可能となる。

以上より LCD 表示領域拡大のためには案②が効果的である。しかし、案②の SPIN ボタン構造は薄型化かつボタン下部にある LCD 表示を透過させる必要があり、スイッチの機能を納めるスペースが小さくなる。このような制約にも関わらず、SPIN ボタンとしての基本的な機能は維持または向上させる必要がある。表 2 に SPIN ボタンの基本機能一覧を示す。

表 2　SPIN ボタンの基本機能一覧

機能	市場要求
スイッチ操作の耐久性	30N/400 万回以上の条件で破壊なきこと
衝撃耐性	300N/1 万回以上の条件で破壊なきこと
静電気耐性	接触放電±10kV および気中放電±27kV の条件で破壊なきこと
脱着性能	工具なしで SPIN ボタンの脱着ができること

表 2 に示す市場要求の項目は、これまでの弊社から各カジノメーカーへの提案活動や商談で得た情報をもとにしている。

また、ただ小さいスペースの中に SPIN ボタンの基本機能を盛り込むだけでなく、高級感を醸し出すデザインにする必要もある。そのための方法として、SPIN ボタンの縁取りを可能な限り狭める、縁取り部品は光沢感のある材料を選択する、などが挙げられる。さらに一歩踏み込んで未来感を醸し出すため、図 4 の案②で示すように SPIN ボタンを LCD 上に配置可能とすることが求められている。

3. 技術的課題

2 章で述べたように、図 4 案②で示したシースルー構造を持ち LCD 表示を透過できる SPIN ボタン（以降、「LCD 表示透過型 SPIN ボタン」と称する）を実現するには、限られたスペースで従来のようなスイッチとして機能する構造を盛り込み、かつデザイン性に優れた外観にする必要がある。図 6 に SPIN ボタンの従来構造と透過型の構造の断面比較図を示す。以下、図 6 に示す様々な機構/構造を限られたスペースに収めるための課題を述べる。

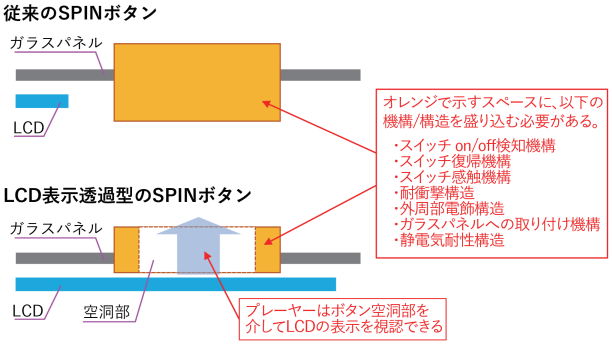

図 6　従来構造と透過型構造の断面比較

3.1 スイッチ機能に関わる構造の課題

従来の SPIN ボタンのサイズは、ボタン上面の絵柄デザインが視認でき、かつボタンを操作するプレーヤーの手の大きさに合わせて直径 70mm から直径 90mm 程度であることが多く、ボタンの高さは 80mm ほどある。ボタンの下部にマイクロスイッチ[1)] を配置しており、マイクロスイッチより上の部分で SPIN ボタンの摺動動作をしている。また SPIN ボタンの入力検出（on/off 検出）にマイクロスイッチを活用することで、SPIN ボタンの製品コストを抑えることができる。

しかし、LCD 表示透過型 SPIN ボタンの実現にこのマイクロスイッチを採用することは以下の理由により非常に困難である。まずはサイズの問題がある。図 4 案②で示したボタン構造の場合、そのボタン高さは 15mm 程度にする必要があるが、マイクロスイッチは小さいサイズでも高さが 7mm 程度あり大きくスペースを消費してしまう。また LCD 表示透過型 SPIN ボタンでは、従来ボタンのようにボタン中央部に摺動構造を持つことができないため、ボタンを端押しするとボタンが傾いてしまう。ボタンが傾いた場合でもマイクロスイッチで入力検出しようとすると、マイクロスイッチの複数配置が必要となる。マイクロスイッチを複数配置するとさらにスペースを消費してしまうため、現実的ではない。さらにマイクロスイッチの複数使いは製品コストを跳ね上げてしまう問題もある。

このような小さいサイズのマイクロスイッチはスイッチの on/off 検出に必要なストロークが短いため、マイクロスイッチに大きな負荷が印加される前に構造的にストロークを止めることが困難であるため耐衝撃性能は低い。またマイクロスイッチ単体のスイッチ操作耐久性能も低く、表 2 で示した基本機能の市場要求を満たすことができない。

以上のように、LCD 表示透過型 SPIN ボタンの実現にはマイクロスイッチ以外のスイッチ検出機構が必要である。スイッチ検出機構としては、薄く、耐久性や耐衝撃性に優れていることが求められる。

3.2 防水機能に関わる構造の課題

従来の SPIN ボタンには防水機能を持ったものはほとんどないが、カジノホールでは飲食をしながらプレイすることもあり、飲食物によりボタンが破損した場合は、新品と取り換える対応をとっていた。ボタンが安価ではあるが、取り換える手間によるコストが膨らむため、ボタン上部から SPIN ボタン内や操作パネル内への液体侵入を防ぐことは市場から求められる機能である。物理的な押しボタンには可動部品と固定部品が摺動する部分があり、この部分にはクリアランスが設けられている。このクリアランスから液体は SPIN ボタン内部へと容易に侵入できてしまうため、このクリアランスを埋める必要がある。可動部品と固定部品が摺動動作でき、かつクリアランスを埋める方法としては、可動部品と固定部品を弾性部材で繋ぐことが方法の一つとして挙げられる。

しかし、繋ぎである弾性部材はスイッチ操作の繰り返し動作で破損しないことが求められる。破損しないために弾性部材の厚みを増やすと、弾性部材にコシがでるためスイッチ操作が重くなる傾向になる。このトレードオフを解決するため、弾性部材の形状や厚みのコントロールが必要とされる。また 3.1 節で先述した通り、狭いスペースの中でどのようにして弾性部材を設置するかも課題となる。

3.3 静電気耐性確保に関わる構造の課題

カジノマシンはホテル内などの空調の良く効いた乾燥した環境、かつカーペット敷きの上に設置されることがよくある。このため、強力な静電気に対して耐性を持たせることが重要である。一般的には、SPIN ボタン上面から SPIN ボタン内部の基板までの沿面距離を取り、SPIN ボタン内部への静電気侵入を防いでいる。沿面距離の設定の目安としては、気中放電 1kV 当たり沿面距離 1mm である。表 2 より気中放電 27kV では沿面距離は約 30mm 必要となる。3.1 節で先述したように、従来の SPIN ボタンは高さが 80mm ほどあり、30mm の沿面距離を確保することができたが、LCD 表示透過型 SPIN ボタンは高さが 15mm 程度にする必要があり、30mm の沿面距離は確保できない。

以上より、沿面距離を十分に取れない中で静電気耐性をどうやって確保するかが課題となる。

3.4 製品外観の課題

2 章で述べたとおり、SPIN ボタンには高級感や未来感を感じさせる製品外観が求められる。近年、スマートフォンやノートパソコンなど、LCD を搭載している製品の挟縁（ベゼルレス）化が進んでいる。製品の軽量化、小型化、表示領域の拡大化が主目的ではあるが、無駄なものが削ぎ落された洗練されたデザインとなり高級感や未来感を提供する。これに倣い、LCD 表示透過型 SPIN ボタンも可能な限りベゼルレス化を狙い、LCD 表示領域をできるだけ広くとれるように 3.1 節から 3.3 節で述べた構造を盛り込む必要がある。

また SPIN ボタンの LCD 表示部は高さに関しても課題がある。SPIN ボタンよりも低い位置に LCD が配置されるため、SPIN ボタン上面と LCD 間に大きな距離があると、SPIN ボタンの表示がボタン上面に対して沈んだように見え、違和感を生んでしまう可能性がある。そのため、LCD 表示をボタン上面に浮かび上がらせるような工夫が必要となる。

以上の他に高級感を生む要素としては電飾がある。大人しい色合いかつ均一な発光であるほど高級感が生まれる。また電飾は高級感の提供だけでなく、プレーヤー以外の目を惹きつけ、プレイしてもらうきっかけとなる。しかし、限られたスペースの中で発光部分を設け、その発光が均一となり、かつその発光で SPIN ボタン中央部の LCD 表示を阻害しないようにする必要がある。

また、SPIN ボタンはスイッチ on/off 検出用の入出力信号および電飾用の電力はカジノマシンとのハーネス接続により供給される。LCD 上に SPIN ボタンを配置すると、このハーネスがガラスパネルと LCD の間に必ず配線されることになり、プレーヤーから不格好に見えてしまう。ハーネスは必須ではあるが、存在を目立たせなくする工夫が必要となる。

4. 技術内容

LCD 表示透過型 SPIN ボタンの実現のため、3 章で述べた各課題に対する解決策を以下に説明する。

4.1 スイッチ機能に関わる構造の実現

ここでは薄型でスイッチの on/off を検出できる方式の選定、スイッチの端押し操作への対応、耐荷重への対策が課題であった。

まずはスイッチ検出方式および端押し操作への対応について述べていく。スイッチ検出方式としては、様々な方式があるが、例えばフォトセンサを利用して光軸を遮光/投光で on/off 検知する方法、ドームコンタクトを利用して電圧の high/low で on/off 検知する方法、圧力センサを利用して閾値より高い/低いで on/off 検知する方法などがある。このような方式のうち、ドームコンタクト式や圧力センサ式は薄いシート状にすることが可能である。さらにこの 2 方式の中ではピエゾ抵抗効果を活用した圧力センサが繰り返しスイッチ操作の高い耐久性能を保有している。以上より、本製品におけるスイッチ検出方式は圧力センサ式を採用した。図 7 に本製品で使用している圧力センサの上面図を示す。

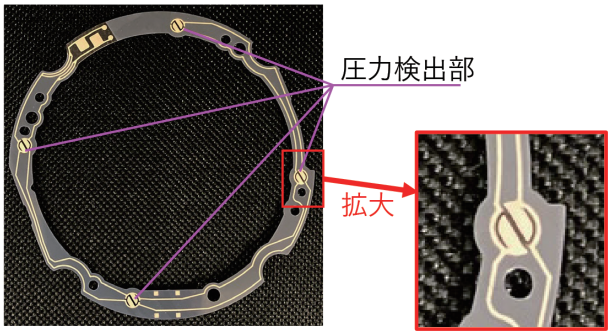

図 7　圧力センサの上面図

本製品では外形形状を丸型としており、圧力センサはリング型の外形としている。この圧力センサはフィルム形状で厚みは 0.2mm であり、圧力検出部を複数設けることが可能である。図 7 に示すように、圧力センサには 4 つの圧力検出部を設けており、ボタンを端押しされても 4 つのうち 1 つ以上が圧力を受けるようにしている。なお、この 4 つの圧力検出部は並列回路となっており、1 つでも圧力が印加されれば製品としてスイッチ信号を出力できるようになっている。

続いて耐荷重への対策内容について述べていく。始めに圧力検出部の耐荷重は 50N であり、本製品を強く押し込まれても、圧力検出部は 50N 未満の負荷となるような構造が必要であった。方法としては、構造的にストッパーで過剰な負荷を受け止める構造とした。図 8 に圧力センサを押下する箇所の断面詳細図を示す。

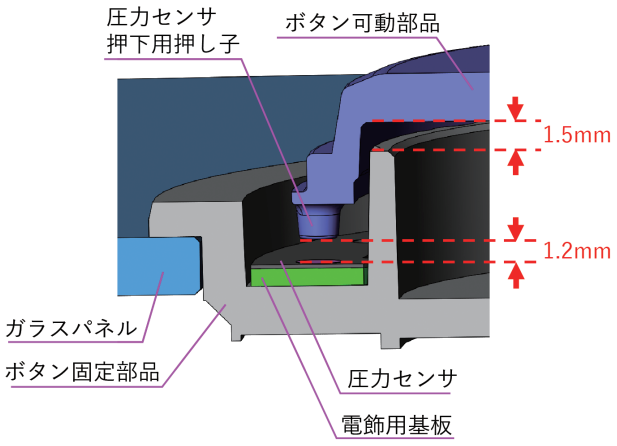

図 8　圧力センサ押下部の詳細断面図

ボタン可動部品を下向きに動かすことで圧力センサ押下用の押し子が圧力センサに接触し、スイッチ信号を出力する。ボタンを押し始めてから押し子が圧力センサに接触するまでの距離は、従来の SPIN ボタンのストロークを参考に 1.2mm と設定した。一方、ボタン可動部品はボタン固定部品に接触するまで 1.5mm の距離を設けている。これは、組立ばらつきを考慮した上でボタン可動部品が押し下がれば必ず圧力センサに荷重を与えるためである。つまりボタン可動部品を最下点まで押し下げた場合、押し子と圧力センサは 0.3mm 干渉することになる。そのため、押し子は弾性を持つ材質とし、0.3mm 押し子が圧縮されても 50N 未満の負荷となるようにした。材質については、防水機能と関連性があるため 4.2 節で後述する。

次にボタン固定部品の耐荷重性能について述べていく。図 9 にボタン可動部品がボタン押下状態での詳細断面図を示す。

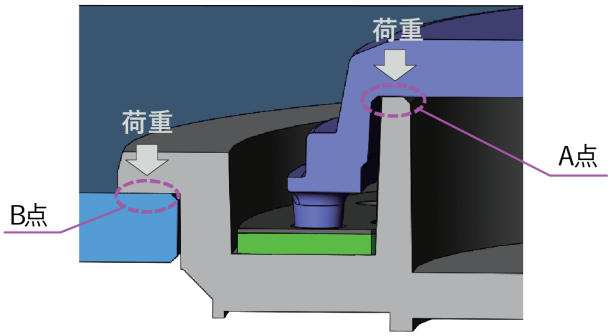

図 9　ボタン押下状態での詳細断面図

図 9 に示すように、ボタン固定部品はボタン可動部品から A 点で荷重を受ける。そして受けた荷重はガラスパネルと接触している B 点にて支える構造となっている。そのためボタン固定部品の材質選定と肉厚が重要となってくる。材料としては耐衝撃に強いポリカーボネートを選定し、図 10 に示すような応力解析や実験にて、各部位に必要な肉厚を決定した。その結果、ボタン固定部品の外周壁や底面の肉厚は 2.2mm 以上に設定した。

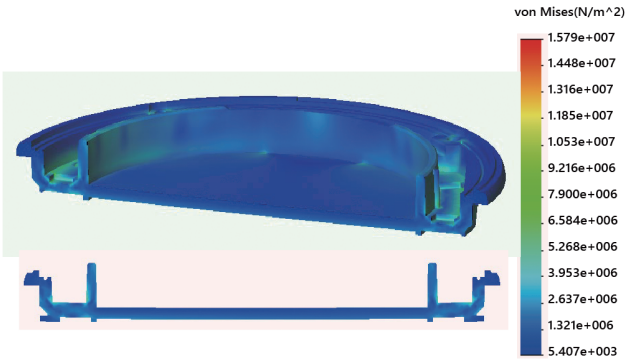

図 10　ボタン固定部品の応力解析結果

4.2 防水機能に関わる構造の実現

ここでは限られたスペースの中で防水構造を設けること、その構造がスイッチ操作の繰り返し動作に耐えるようにすることが課題であった。まず防水構造について述べていく。

4.1 節で述べたように、圧力センサの押し子には弾性部

材が必要であったことから、これを延長して防水用のパッキンの役割を果たす形状ができないか検討を行った。ただし、ボタン中央部の視認領域確保やスムーズな摺動動作のため、ボタン可動部品全体を弾性部材にすることはできない。そこで、ポリカーボネートとエラストマーの二色成形でボタン可動部品を形成することを考え、ボタン可動部品の中央部は視認性確保のため透明のポリカーボネートを配置し、外周部は押し子とパッキンを形成するエラストマーという配置とした。図 11 に本製品の断面図とボタン可動部品の二色成形構造の詳細断面図を示す。

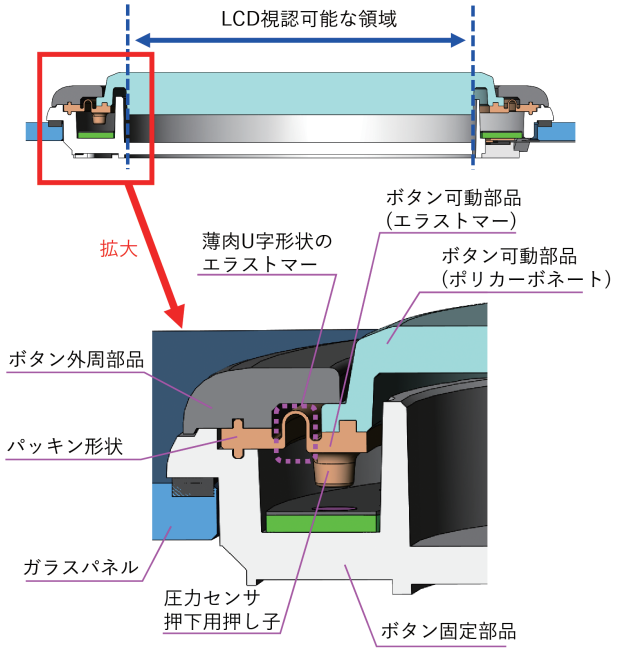

図 11　本製品の断面図および可動部品の二色成形構造

図 11 に示すように、ボタン可動部は外観上プレーヤーから見える範囲は透明のポリカーボネートで構成し、それ以外はエラストマーで構成している。押し子より製品外側方向に延長するようにパッキン形状を設け、ボタン外周部品とボタン固定部品で挟んでいる。これにより製品内部への液体侵入を防いでいる。

続いてスイッチ操作の繰り返し動作への対策について述べていく。図 11 に示すように、ボタン可動部品のエラストマー部分にて、パッキン部と押し子の間に薄肉のU字形状を設けている。これにより、ボタン可動部品のエラストマー部で上下可動する箇所と固定させる箇所を分けることができる。このU字形状は上下動の耐久性を考慮すると薄い方が良いが、薄すぎると成形できなくなる可能性があった。これについては流動解析や過去製品実績より厚み 0.2mm を採用し、その結果この構造でスイッチ操作の耐久試験（押下力 30N で 400 万回以上）を実施した上で、エラストマー部分が破損しないことを確認できている。

4.3 静電気耐性に関わる構造の実現

本製品では沿面距離を十分にとった静電気耐性の確保ができないことが課題であった。静電気耐性を確保する考え方としては二通りある。一つ目は製品内に静電気が侵入しないように封止すること。二つ目は静電気を積極的に受ける部分を設け、製品のグランド（GND）に接続することである。4.2 節で述べたように、パッキン部分を設けて防水構造を作りこんでいるため、静電気は製品内に侵入しないと思われたが、固定部品とパッキンであるエラストマーには液体は通さないが僅かな隙間は存在しており、この隙間から静電気は製品内に侵入することが分かった。これにより、考え方としては製品内に静電気を積極的に受ける構造を検討した。

静電気が製品内に侵入した場合、最も破壊しやすいのが電飾用基板である。ボタン可動部品とボタン固定部品の隙間を通って電飾基板に到達する前に静電気を受ける箇所を設ける必要がある。そこで、圧力センサの上部に厚み 0.1mm の静電気受電用板金を設け、この板金を導電性のテープを利用して電飾基板の GND と電気的に接続した。図 12 にボタン可動部品とボタン外周部品を非表示とし静電気受電用板金の配置を示した上面図を示す。板金部品の下にある圧力センサ、電飾用基板を覆うように板金は設置しており、図 12 の赤丸で示す箇所で板金部品と電飾用基板 GND を電気的に接続している。

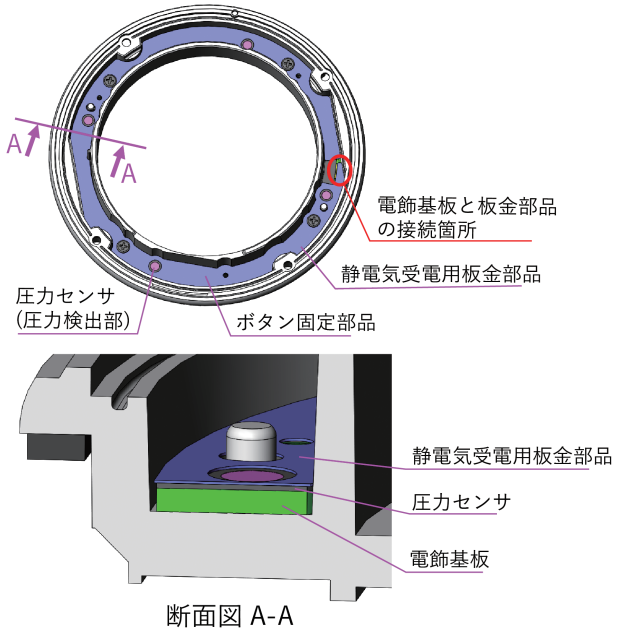

図 12　静電気受電用板金部品の配置図

図 12 に示すような製品構造にすることで、表 2 で示した製品として必要な静電気耐性が確保できていることを±10kV の接触放電試験と±27kV の気中放電試験で確認できている。図 13 に製品内部に侵入した静電気が静電気受電用板金に至るまでの経路を示す。

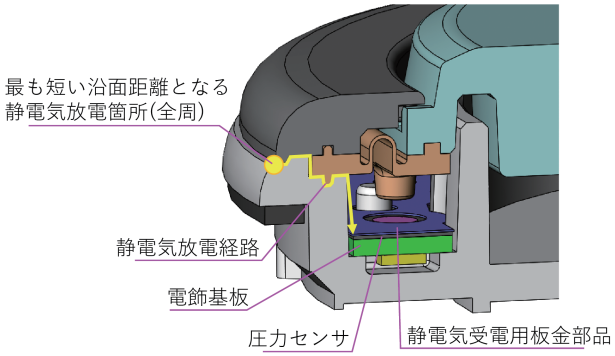

図 13　静電気の放電経路

4.4 製品外観の実現

ここでは LCD 表示部の領域を可能な限り広げること、LCD 表示をボタン上面に浮かび上がらせること、均一発光する電飾機能、およびハーネスを目立たせないことが課題であった。

まずLCD表示部の領域拡大については、4.1節~4.3節で述べた構造に大きく依存している。結果として、製品外形が直径 84mm に対し、LCD 表示部は直径 58mm となった。図 14 に本製品を上面から見た図を示す。

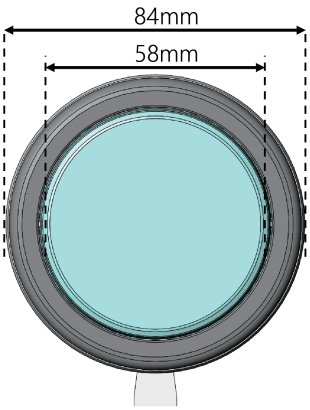

図 14　本製品の上面図

次に LCD 表示をボタン上面に浮かび上がらせる方法であるが、ボタン可動部の透明ポリカーボネートを厚肉とし、空気中と透明ポリカーボネートの屈折率の差を利用することでLCD表示を浮かび上がらせることができた。しかし、4.2 節でも述べたがボタン可動部品は二色成形を実施するため、ポリカーボネートの成形時とエラストマーの成形時で大きく型温度を変化させられないことや冷却時間を同じにする必要があるなど、材料単品で成形するよりも成形条件に制約がある。そのような制約の中、ポリカーボネートの厚みを調整できる入れ駒型を製作し、量産性のある成形条件で見いだせた厚みが 7.0mm である。7.0mm よりも薄い場合、例えば厚み 4.0mm での成形試作では、ポリカーボネートの成形は厚み 7.0mm 時よりも約半分の冷却時間で変形なく成形可能であるが、エラストマーにとっては冷却時間が短く形状が大きく変形し、バリも多く発生した。よって本製品では厚み 7.0mm を採用した。図 15 に 7.0mm の厚肉成形を実施したボタン可動部品により表示が浮き上がっている様子を示す。

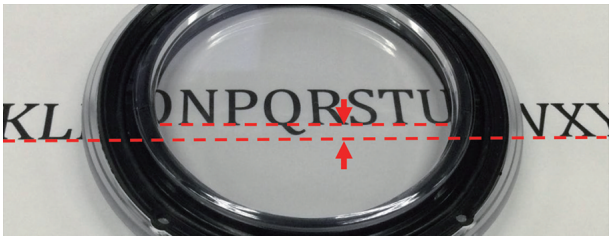

図 15　ボタン可動部の透明ポリカーボネート

次に均一発光する電飾機能について述べていく。図 8 で示したように、電飾用基板の上には圧力センサを配置しており、さらにこれより上の空間はボタン可動部品がボタン押下により下がってくるため、電飾用に構造を設けることができない。そこで、実装面に対して垂直方向に発光するトップ型 LED（Light Emitting Diode）を電飾基板下側に配置し、ボタン固定部品の肉厚の中に光を通すことを検討した。図 16 にボタン固定部品の肉厚の中を通る光路を示す。LED から出てきた光はボタン固定部品の肉厚に入るが、ボタン固定部品のあらゆる場所で拡散、反射、透過が発生する。一方で、発光させたい電飾発光面は図 16 のオレンジで示したように LED 光源から遠い場所にある。そのため、ボタン固定部品の肉厚内はできるだけ光の減衰をさせないように図 16 に示すように反射シートを配置した。このような光の通し方をすることで、電飾発光面に到達するまでに十分に拡散し、電飾発光面では均一な発光を得ることができた。

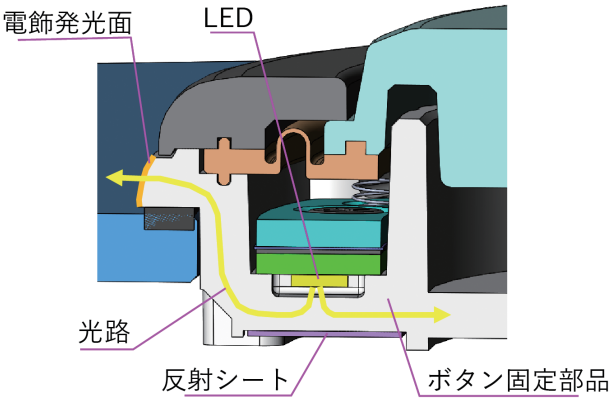

図 16　ボタン固定部品内の光路

なお、実装面に対して水平方向に発光するサイド型 LED を使用した場合、反射シートで反射する光が少なくなるためボタン固定部品の肉厚内の拡散が弱く、電飾発光

面の発光が不均一となった。そのため、サイド型 LED は不採用とした。

このようにトップ型 LED と発光面の向かい側に配置した反射シートの組み合わせで、電飾発光面の均一な発光を得ることができたが、LED からの光はボタン固定部品の内側にも進み、LCD 表示部に LED からの光が見えてしまう。そこで、ボタン可動部品と同様に、ボタン固定部品も二色成形とし部分的に黒色樹脂にすることで LED からの光を遮断することとした。図 17 に二色成形のボタン固定部品の肉厚の中を通る光路を示す。

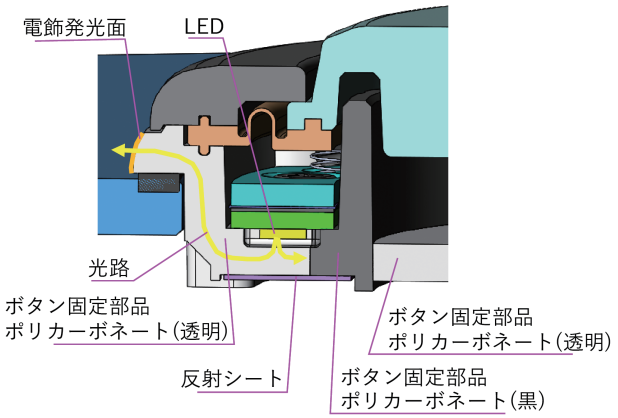

図 17　二色成形タイプのボタン固定部品内の光路

ボタン固定部品は 4.1 節で述べたように耐衝撃性からポリカーボネートを選択していた。二色成形の材料としてはグレードの異なるポリカーボネートとした。一つは透明色のポリカーボネート。もう一つは黒色かつ摺動グレードのポリカーボネートを選択した。黒色の部分はボタン可動部品のストッパー役かつ摺動させる箇所でもあるため、摺動グレードとしている。このようなボタン固定部品の構造にすることで、一部品で電飾機能と摺動構造の両立ができた。図 18 に実際の電飾発光写真を示す。

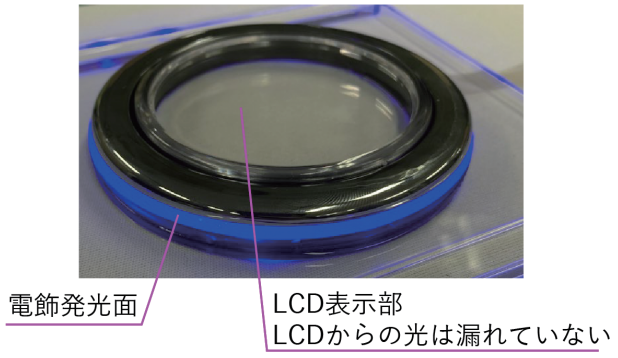

図 18　実際の電飾発光時の写真

本節の最後に、ハーネスを目立たせなくする方法について述べていく。ハーネスでは電飾用の電源および信号ライン、そして圧力センサの電源および信号ラインが必要となる。圧力センサはシート状のため、図 7 で示した圧力センサにハーネス部分を追加することができる。しかし、圧力センサの基材は透明化可能であるが、太い配線部は透明化できず目立ってしまう。図 19 に基材を透明化した圧力センサを LCD 上に置いたときの写真を示す。

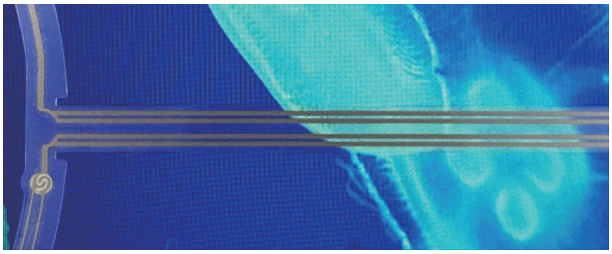

図 19　LCD 上に置いた透明圧力センサの写真

この写真より、配線の存在が大きいことが分かる。一方、電飾基板は FPC（Flexible Printed Circuits）用コネクタを搭載し透明ポリイミド基材の透明 FPC を活用することができる。図 20 に LCD 上に置いた透明 FPC の写真を示す。

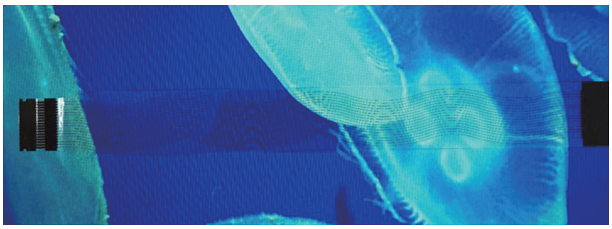

図 20　LCD 上に置いた透明 FPC の写真

図 19 の透明圧力センサより配線は目立っていないことがわかる。ここで、配線を波模様にしているのは、LCD の画素とのモアレを抑制するためである。以上から本製品のハーネスとしては透明 FPC1 本として、ハーネスの存在を目立たせないようにすることを検討した。

しかし、ハーネスを透明FPC のみにするためには製品内部で圧力センサと電飾用基板を電気的に接続する必要がある。このような電気的接続は通常であればFPC コネクタを用いる方法が一般的である。しかし、これまでも述べてきたように本製品はスペースが非常に限られており、FPC コネクタを設けることはできなかった。そこで、シート状の圧力センサと電飾用基板を ACF（Anisotropic Conductive Film）圧着という、LCD など多極の接続でよく使用される手法を用いた。図 21 に実際の ACF 圧着後の写真を示す。

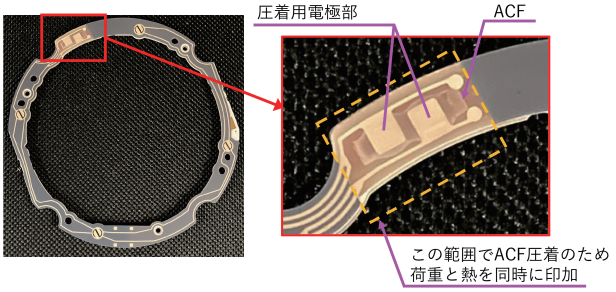

図 21　実際の ACF 圧着後の写真

図 21 の圧着電極部に示すように、圧力センサは信号線が 2 極しかないため、電極サイズは約 3mm x 3mm としている。先述のとおり、ACF 圧着は LCD など 0.5mm 程度の狭ピッチかつ多極の接続でよく利用されるため、本製品で使用している圧着用電極サイズは非常に大きい部類になる。このように電極サイズを大きくすることで、ACF 圧着の密着性を確保し、本製品に大きな衝撃や振動が加わっても圧着部分が剥がれないようにしている。以上より、ACF 圧着によって製品内に無理なく圧力センサと電飾基板の電気的接合を達成することができ、本製品のハーネスは透明 FPC のみとすることができた。

5. むすび

プレーヤーを惹きつける未来感のある近年のカジノマシンの進化に対して、SPIN ボタンはこのトレンドから遅れをとっていた。今回、プレーヤーを惹きつけるための方法の一つとして、これまでになかったようなカジノマシンの演出の実現に貢献できる、薄型でボタン下部の LCD 表示を透過可能な押しボタンを設計し、表 2 で示したボタンとしての基本機能を確認する試験や、防水試験などの多種製品試験項目を全てクリアすることを確認した上で、弊社の製品として上市した。図 22 に本製品の外観写真を示す。

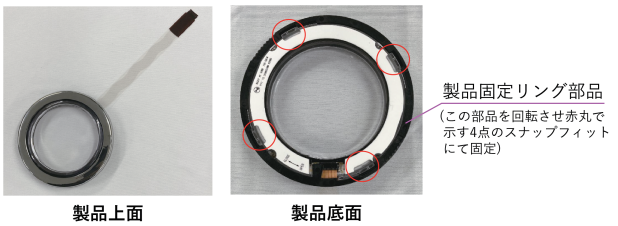

図 22　透過型押しボタンの外観

製品サイズは直径 84m、高さ 14.2mm で LCD 表示透過部サイズは直径 58mm である。なお、製品の取り付けは製品に付属する固定用リング部品を用い、工具不要で固定可能である。

また、図 23 は本製品紹介用に作製したカジノマシン操作ボタン部の試作品の外観写真である。

図 23　本製品を搭載した製品紹介用試作品の外観

これが図 4 案②を実現した写真である。このような本製品の実現または上市にあたっては、多くの課題が複雑に絡んでおり、それぞれの解決策も一部品二役、三役と言ったように複数の機能を持たせることで業界ニーズに合った製品を実現することができた。

本製品はカジノマシン業界をターゲットに開発を進めた汎用製品ではあるが、カジノマシン業界以外でもガラスパネルと LCD が重なった構造があれば本製品を取り付けることは可能である。例えば、近年駅や商業施設で見かけることが多くなったデジタルサイネージへの応用などが挙げられる。今後は上記のようにカジノマシン業界以外の業界にも対応できるよう、本製品の展開を進めていきたい。

また今後の技術的な展望としては、更なる未来感ある製品提供のため、ガラス面からのボタン高さの更なる削減やボタン縁取り（図 11 のボタン外周部品）の狭縁化の検討を進めていきたい。

参考文献

1）オムロン株式会社．マイクロスイッチ参考資料．https://www.fa.omron.co.jp/guide/technicalguide/29/326/index.html.（参照 2021/04/12）

執筆者紹介

工藤 卓也　KUDO Takuya
エレクトロニック＆メカニカルコンポーネンツ
ビジネスカンパニー　事業統轄本部
商品開発統括部　モジュール開発部
専門：機械工学

鷲見 昌昭　SUMI Masaaki
エレクトロニック＆メカニカルコンポーネンツ
ビジネスカンパニー　事業統轄本部
商品開発統括部　モジュール開発部
専門：機械工学

阿形 剛宏　AGATA Takehiro
エレクトロニック＆メカニカルコンポーネンツ
ビジネスカンパニー　事業統轄本部
商品開発統括部　モジュール開発部
専門：電気電子工学

鬼塚 浩之　ONITSUKA Hiroyuki
エレクトロニック＆メカニカルコンポーネンツ
ビジネスカンパニー　事業統轄本部
商品開発統括部　モジュール開発部
専門：機械工学

本文に掲載の商品の名称は，各社が商標としている場合があります。