

感圧特性を用いた新構造メンブレンスイッチ

電 装 事 業 部 松 島 康 介¹・立 川 泰 之¹・腰 原 優 智²・尾 野 靖³
株式会社青森フジクラ金矢 岡 田 信 一⁴
Fujikura Electronics Thailand Ltd. 富 塚 稔 瑞⁵

New Structure Membrane Switch with Pressure-Sensitive Relations

Y. Matsushima, Y. Tachikawa, M. Koshihara, Y. Ono, S. Okada, T. Tomitsuka,

ゲームコントローラ用に適した直感的な操作感覚が得られる新構造の感圧メンブレンスイッチを開発した。その荷重-抵抗値特性は、ラバードームおよび電極の設計最適化により、良好な直線性を持つ。本製品はゲームコントローラ以外にも、介護用睡眠センサなどの広い分野への適用が期待される。本稿では、その概要について報告する。

We have developed a pressure-sensitive membrane switch with a new structure to allow intuitive tactile feedback suitable for a game controller. The force-resistance relations of the switch have good linearity by the optimized design of the rubber dome and electrode. This product is also expected to find applications in a variety of fields such as sleep sensor for nursing care. Here we report the overview of the product.

1. ま え が き

ON - OFF 機能のみならず、入力操作荷重に対して出力が連続的に変化する感圧機能を有したメンブレンスイッチ（以下、感圧MBSWと略す）は、すでに電子楽器の鍵盤や車載用着座センサなどへ広く適用されている。近年、ゲームコントローラや高機能携帯端末（タブレット、スマートフォン）の操作においても、この感圧機能の要求が高まっている。

当市場では、使用する操作荷重域で、直感的で高い操作感が要求されるため、当社は積極的にその技術開発を行っている。

本稿では、ゲームコントローラ用（以下、ゲーム用と略す）として新規に開発した感圧MBSWの構造と特性について報告する。

2. ゲーム用感圧MBSW

2.1 構造と荷重-抵抗値特性の出現機構

一般的な感圧MBSWは、図1に示すような構造となっている。使用されるMBSWは、中央部がスリットされた下部電極を、上部電極で短絡させることで抵抗値を出

力する。このような感圧MBSWの荷重-抵抗値特性（以下、F-R特性と略す）の出現機構は、以下のとおりである。

- 1) 荷重が所定の値に達するとラバードームが座屈し、荷重が上部電極に伝わる。
- 2) さらに荷重が増加してゆくと、アクチュエータが変形してゆく。
- 3) それに伴い、上・下部電極の接触面積が増大してゆき、出力抵抗値が減少してゆく。

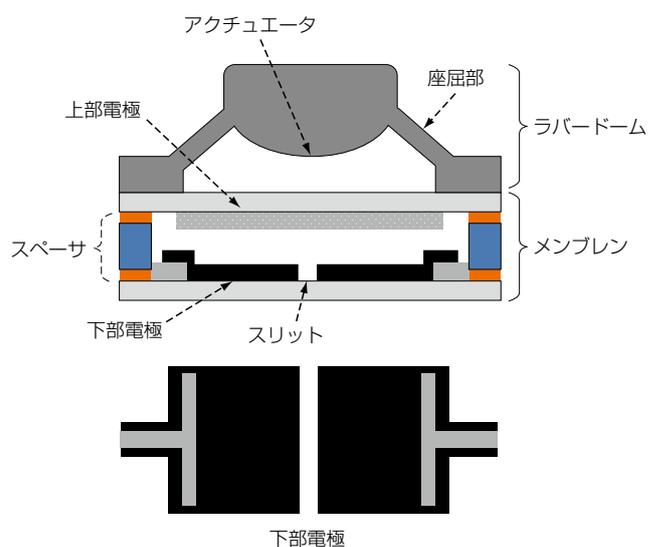


図1 感圧MBSWの構造図

Fig. 1. Structure image of pressure-sensing MBSW.

1 機能モジュール開発部
2 機能モジュール技術部グループ長
3 機能モジュール技術部主査
4 管理部
5 L1 MBSW Division Deputy Division Manager

略語・専門用語リスト 略語・専門用語	正式表記	説明
感圧特性	Pressure-sensitive relation	荷重もしくは圧力に応じた電圧値、抵抗値もしくは静電容量値が出力される特徴のこと。

2.2 理想的な操作感覚を実現するための設計要素

理想的なゲームコントローラの操作感覚を実現するためには、感圧MBSWのクリック特性とF-R特性の最適化が必要である。ラバードームにより決定されるクリック特性には、操作荷重であるピーク荷重、操作感を高めるクリック率（ピーク荷重とボトム荷重の比率）がある。これらはラバードームが荷重を受け座屈するまでの荷重-変位特性における特性値であり（図2）、ラバー硬度、座屈部の形状およびラバー厚などの設計に依存する。一方、直感的なスイッチ操作感覚の実現には、F-R特性が直線的、かつ大きく変化する必要がある。F-R特性は2.1項に記載したとおり、上・下部電極の接触面積変化により出現する。直線性の確保には、アクチュエータ形状の工夫による荷重に対する接触面積変化の調整が、また、

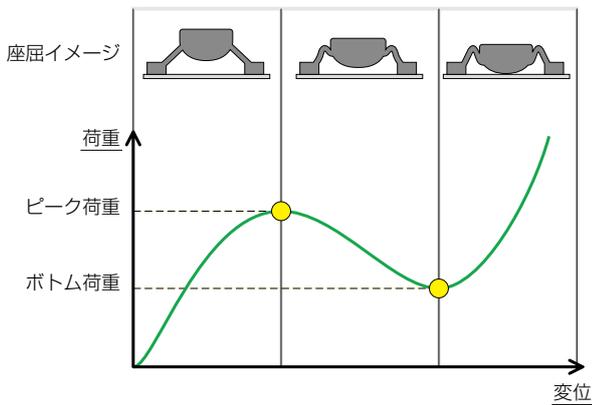


図2 ラバードームの荷重-変位特性と座屈イメージ図
Fig. 2. Force-Stroke relation and buckling image of rubber dome.

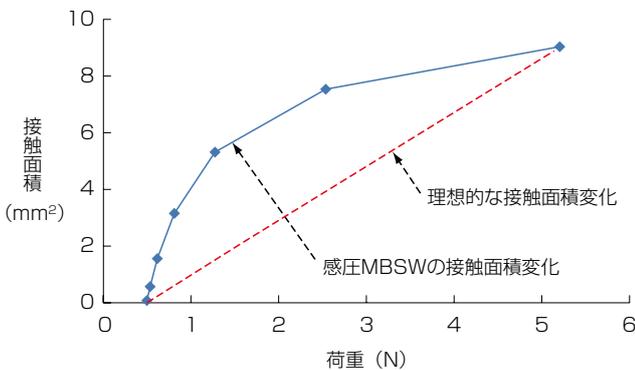


図3 感圧MBSWの接触面積変化
Fig. 3. Contact area change of pressure-sensitive MBSW.

抵抗値変化を大きくするためには、電極形状の調整が必要である。次項では、ラバードームと電極形状の設計について説明する。

3. ゲーム用感圧MBSW構造設計とその感圧特性

3.1 ラバードーム設計

F-R特性の直線性を確保するには、できる限り接触面積変化を直線的にする必要がある。しかしながら、通常のアクチュエータ形状では、低荷重域（～1 N）にて接触面積が著しく増大してしまうため、高荷重域（1 N～4 N）で接触面積の変化が小さくなる（図3）。そのため、様々なアクチュエータ形状の中から最適な形状を選定する必要がある（図4）。アクチュエータ形状の選定は、荷重によるその変形をシミュレーションによる解析にて絞り込んだ上で、評価用パターンを用いて、候補である各アクチュエータの荷重に対する接触面積の変化を評価した（図5）。この評価により接触面積が最も直線的に変化する形状Cを選定し、最適なラバードーム形状を決定した。



図4 各アクチュエータ形状図
Fig. 4. Figure of each actuator.

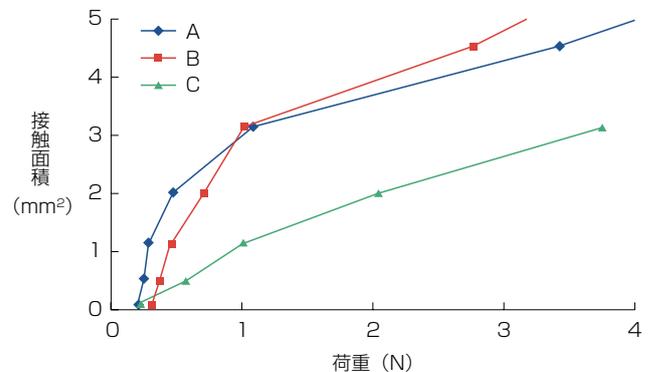


図5 各アクチュエータによる上・下部電極の接触面積変化
Fig. 5. Contact area change of Upper and lower electrode by each actuator.

		中央割接点	銀櫛歯	抵抗カーボン櫛歯
上部電極	構成			
	材料	銀 + 抵抗カーボン	抵抗カーボン	銀 + 抵抗カーボン
下部電極	構成			
	材料	銀 + 抵抗カーボン	銀	銀 + 抵抗カーボン

図6 櫛歯電極形状
Fig. 6. Structure of comb-shape electrode.

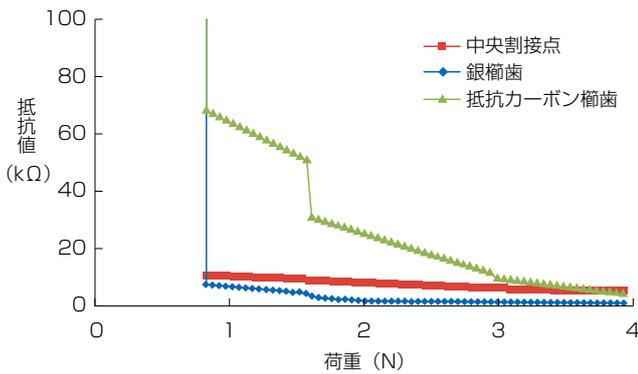


図7 F-R特性のシミュレーション
Fig. 7. F-R relations simulation of each comb pattern.

3. 2 電極形状設計

抵抗値変化を大きくするためには、電極の形状が重要となる。電極材料には、抵抗値の安定しやすい比較的低抵抗のカーボンインクを使用することが望ましい。そこで、電極形状には接触面積の二次元的変化を有効活用し、かつ抵抗値変化の幅を大きくするため櫛歯形状とした。さらに、銀櫛歯と、抵抗カーボン櫛歯の二通りを設計し(図6)、選定したラバードームの接触面積変化の結果をもとに、それぞれの櫛歯形状におけるF-R特性のシミュレーションを行った。その結果、銀櫛歯においては抵抗値変化が小さい一方、抵抗カーボン櫛歯においては抵抗値変化が大きく、荷重に対して抵抗値がより直線的に変化していることが分かった(図7)。この結果をもとに、電極形状を抵抗カーボン櫛歯と決定した。

以上、ラバードームスイッチおよび接点部電極の設計最適化により、新構造のゲーム用感圧MBSWを開発した(図8)。従来構造と比べ、抵抗値変化の幅が大きく、かつ直線性の高いF-R特性を実現することができた(図9)。

4. む す び

当社の高度な設計技術により、ユーザが直感的に操作可能な、直線性の高いF-R特性を有するゲーム用感圧MBSWの開発に成功した。今回開発したゲーム用感圧

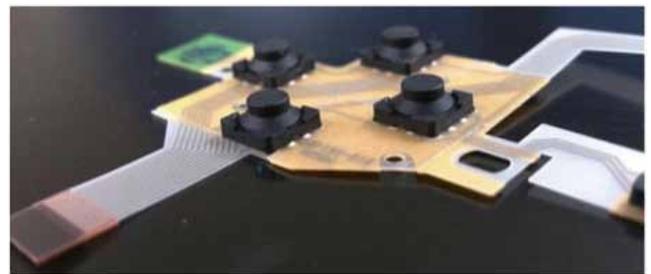


図8 新構造の感圧MBSW製品外観
Fig. 8. Appearance of pressure-sensing MBSW with new structure.

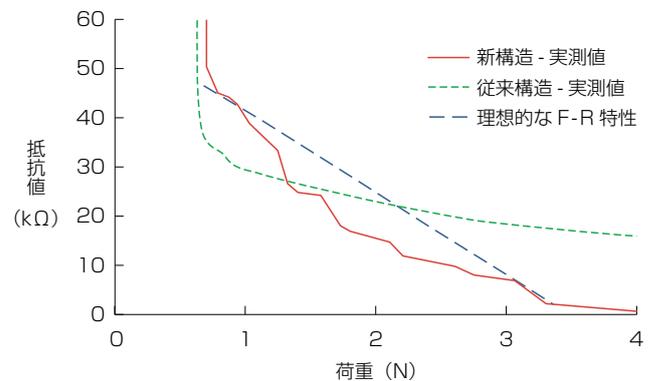


図9 新構造感圧MBSWのF-R特性
Fig. 9. F-R relations of pressure-sensitive MBSW with a new structure.

MBSWは複数の顧客から高い評価を得ており、さまざまなゲームコントローラ向けに採用されている。

現在、広い分野に展開すべく、よりF-R特性のバラツキの少ない高性能な感圧MBSWを実現に向け、技術開発を進めている。

参 考 文 献

- 1) 田中ほか:「感圧センサモジュール」, フジクラ技報, 第104号, pp32-26
- 2) 富塚ほか:「移動携帯端末機器用メタルドーム」, フジクラ技報, 第104号, pp43-46