

# 高ストロークメタルドーム

モジュールシステム開発室 西村 達也<sup>1</sup>・葛西 敏明<sup>1</sup>・櫻庭 雄逸<sup>2</sup>  
材料技術研究所 山本 和寛<sup>3</sup>・直江 邦浩<sup>4</sup>・味村 彰治<sup>5</sup>  
電子電装開発センタ 瀬尾 右文<sup>6</sup>

## High Stroke Metal Dome

T. Nishimura, Y. Sakuraba, T. Kasai, K. Yamamoto, K. Naoe, S. Ajimura & S. Seo

自動車の押しボタンスイッチは、省スペース化、好フィーリング化が求められる。このため従来から高ストロークの特性を示すラバードームが採用されてきたが、これをメタルドームに置き換えることでさらなる薄型化が可能である。そこで当社では、小型で高ストローク化を実現した高ストロークメタルドームを開発した。開発品の設計は有限要素法を用い、試作では独自に作製した試作金型を使用した。また、試作品の荷重特性、耐久特性の評価を行い良好であることを確認した。

As for the push button switch of the car, the miniaturization and making to a good feeling are requested. The rubber dome where the characteristic of a high stroke is shown has been positively adopted in the push-button switch of the car so far. It is thought that replacing it from the rubber dome with the metal dome is effective to make the push button switch thin further. Then, we developed a small but high stroke metal dome. The design of the metal dome developed used the FEM analysis. And the prototype was made by an original experimental metal die. The load characteristic and the endurance characteristic of the prototype were evaluated, and it was confirmed that it was excellent.

### 1. ま え が き

近年、自動車の商品性向上のため、各種部品の高性能化が進んでいる。自動車に搭載される押しボタンスイッチも商品性に関わる部品の1つであり、省スペース化と人の感性に合った操作フィーリングが求められる<sup>1,2)</sup>。自動車の押しボタンスイッチには、高ストロークの特性を示すラバードームが用いられるが、材質、構造上の理由から大幅な薄型化は望めない。薄型化の要求にこたえるにはラバードームからメタルドームに置き換えることが有効と考えられるが、従来のメタルドームはストロークが低く、押したという感覚が人に伝わりにくいため自動車の押しボタンスイッチには適していなかった。そこで当社では、薄型、高ストロークの両特性を有する高ストロークメタルドームを開発したので、それを報告する。

### 2. メタルドームの概要

メタルドームは薄型であることを特長とし、携帯電話などの押しボタンスイッチに用いられている<sup>3)</sup>。メタルドームの例を図1に示す。一般的なメタルドームは板厚 $40\mu\text{m}$ ~ $70\mu\text{m}$ の薄板をプレス成形したもので、図2に示すような湾曲部と台座部を有する形状をしており、外径は4mm

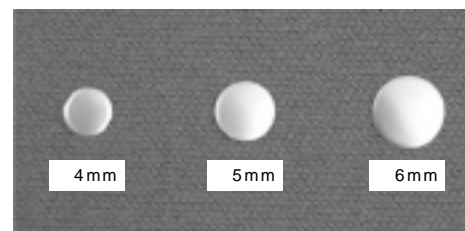


図1 メタルドームの例  
Fig. 1. Appearance of general metal dome.



図2 メタルドームの断面形状  
Fig. 2. Cross section of metal dome.

1 モジュールシステム開発室  
2 モジュールシステム開発室グループ長  
3 金属材料開発部  
4 金属材料開発部グループ長  
5 金属材料開発部長  
6 自動車電装開発部グループ長

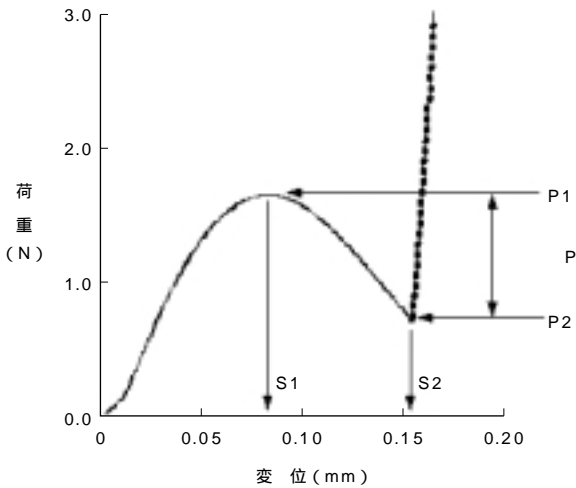


図3 荷重 - 変位曲線  
Fig. 3. Curve of load and displacement.

～6mmで高さは0.2mm～0.3mmである。メタルドームの荷重特性はメタルドームを打鍵して得られる図3のような荷重 - 変位曲線で表される。メタルドームを押し下げた際、荷重は徐々に増加していき、変位S1で荷重の極大値(P1)が得られる。その後、荷重は低下していき、変位S2でメタルドームは固定接点と接触し荷重は極小値(P2)となる。メタルドームを押し下げた際のクリック感触は荷重P1とP2の差に基づき、 $(P1 - P2) / P1$ であるクリック率で数値化される。クリック率が大きいほど良好な操作感触が得られるが、復帰性に乏しくなり、反転不良が起こりやすくなる。そのため、操作感触と復帰性を加味するとクリック率は30%～60%が良いとされている。メタルドームの特性において通常、荷重とはP1を、ストロークとはS2を指すものであり、荷重は1N～3N、ストロークは0.15mm～0.2mmのものが一般的である。

### 3. 開発目標

高ストロークメタルドームの開発目標は外径10mmで荷重3N、ストローク0.6mm、クリック率30%～60%の荷重特性とし、耐久回数は20万回以上とした。目標値の中で従来のメタルドームと大きく違うのは外径とストロークである。従来の丸型形状のメタルドームは外径10mmでストロークは0.3mm程であり、それよりも高ストロークにすると低寿命となる。よって、今回の開発における最大の課題は低寿命にすることなく、小型で高ストローク化を実現できる形状の検討である。

小型で高ストローク化を実現できるメタルドームの形状コンセプトを図4のように考えた。図のメタルドームは丸型に4つの脚部を一体に形成した形状であり、押圧される最中に脚部が屈伸するのでストロークが高くなる。

この高ストロークメタルドームの開発方法として、各寸法設計は開発時間短縮、コスト低減を考えて有限要素法を用いて行うこととした。また、簡易的なメタルドームの試

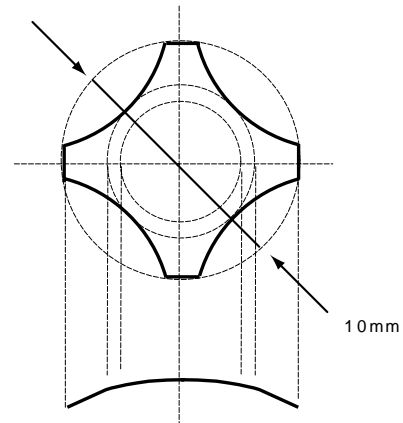


図4 高ストロークメタルドームの形状コンセプト  
Fig. 4. Shape concept of high stroke metal dome.

作金型を独自に作製して、それを用いて試作を行うこととし、さらに、試作品の荷重特性、耐久特性について評価試験を行うことにした。

## 4. 設計・試作

### 4.1 有限要素法によるメタルドーム設計

薄板の引張試験から得られる応力 - ひずみ曲線を用いて、非線形等方性硬化則の材料モデルを適用し、解析モデルには軸対称の3次元シェルモデルを用いて有限要素法解析を行った。図5にプレス成形解析と打鍵解析の例を示す。プレス成形解析では3つの工程それぞれに対して、プレス開始時(上の図)と終了時(下の図)の材料の応力分布を色の違いで示してある。青から赤への変化にしたがって応力が高くなっている。材料の上部の網状の部分はダイス金型であり、下の図で材料の下に示されている応力分布の部分は、パンチ金型の応力分布である。図5の最も右の図は、プレス成形での最終工程後に得られた形状のメタルドームに対して打鍵を行った場合の応力分布を示す打鍵解析の図である。これも青から赤への変化にしたがって打鍵時の応力が高いことを示している。この打鍵解析を行うことで荷重 - 変位曲線を得ることができる。このような一連の解析を繰り返すことで所望の荷重特性を有したメタルドームと、金型のパンチおよびダイ形状を設計した。さらに、P2荷重時の応力分布からメタルドームの脚部間の円弧部中央で応力が最大となり、1,000MPaを超えると推定された。この結果から連続で打鍵し続けた場合、脚部間の円弧部中央で破断すると推測された。

### 4.2 メタルドームの試作

メタルドームの試作に用いた金型とワークの写真をそれぞれ図6、図7に示す。プレス機は、解析と試作に誤差が生じた場合、補正できるようにパンチの押込み量を1μm単位で調整できるものを用いた。またワークはプレス成形時にメタルドームを支持するブリッジが自由に動くことがで

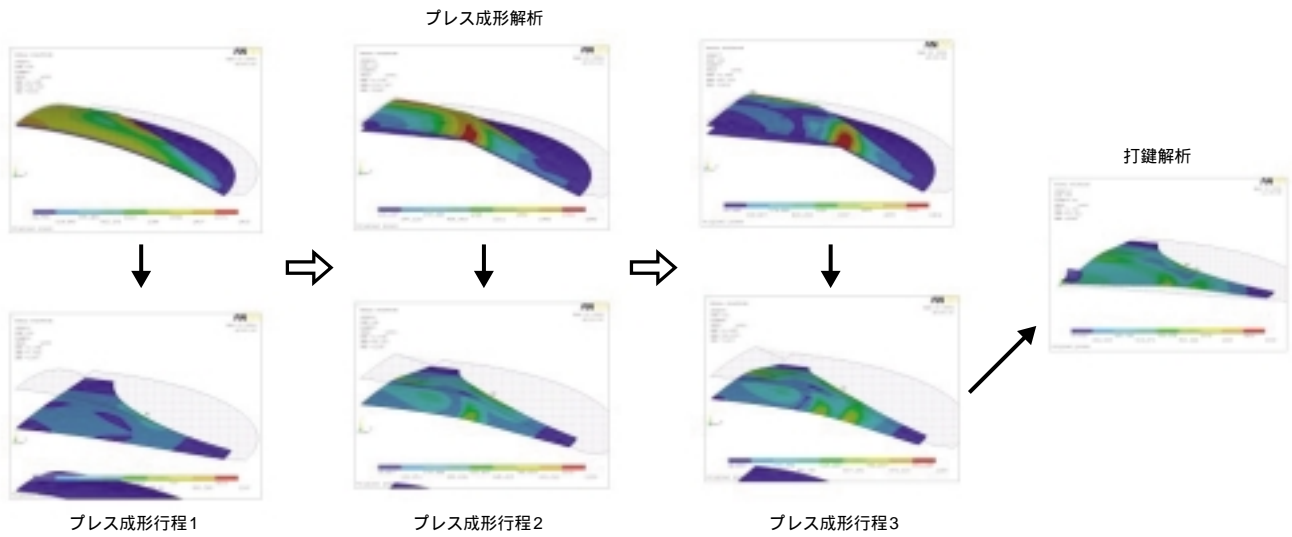


図 5 有限要素法解析によるプレス成形と打鍵のシミュレーション  
 Fig. 5. Simulation of press forming and pushing metal dome by FEM analysis.



図 6 メタルドーム試作金型の外観 (プレス機組込み)  
 Fig. 6. Appearance of experimental metal die.

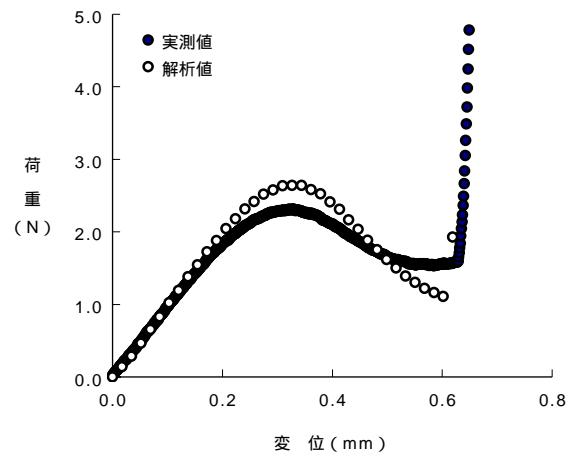


図 9 荷重 - 変位曲線の解析と実測の比較  
 Fig. 9. Curve of load - displacement of experiment and FEM.

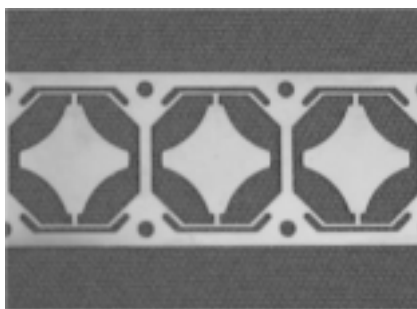


図 7 試作用ワークの外観  
 Fig. 7. Appearance of experimental work.

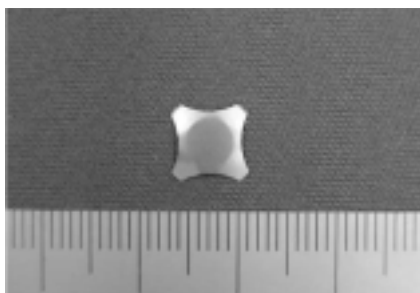


図 8 試作品外観  
 Fig. 8. Appearance of prototype.

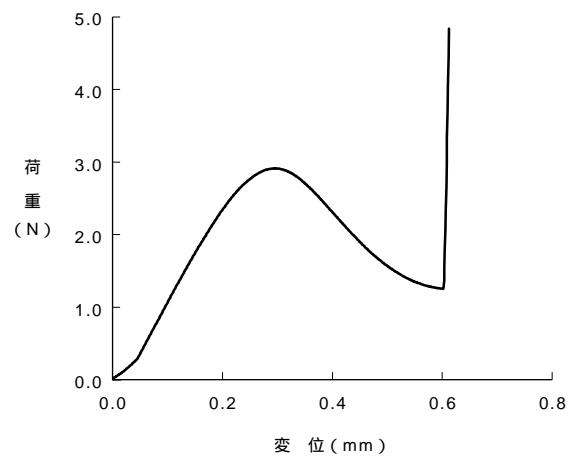


図 10 試作品の荷重 - 変位曲線  
 Fig. 10. Curve of load - displacement of prototype.

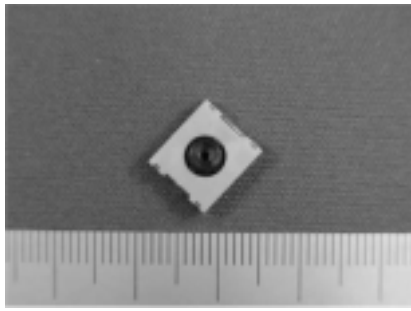


図11 高ストロークメタルドーム採用タクトスイッチの外観  
Fig. 11. Appearance of tactile switch.

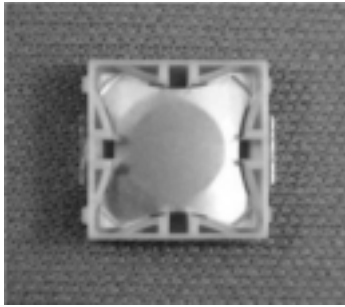


図12 タクトスイッチのケース構造  
Fig. 12. Appearance of case structure of tactile switch.

表1 連続打鍵条件  
Table 1. Continuous pushing condition.

打鍵方式	クランク式
打鍵荷重 (N)	6
打鍵速度 (Hz)	3
負 荷	DC16V - 50mA

きる設計とし、メタルドームに余計な負荷がかからないようにした。

試作品の外観を図8に示す。押圧されることで脚部が屈伸するため、基板側への磨耗が丸型形状のメタルドームに比べて大きいと考えられた。そのため、脚部先端を曲げることで磨耗対策を施した。

## 5. 開発品の特性

### 5.1 荷重特性評価

解析において所望の荷重特性が得られた条件で試作したメタルドームの荷重特性評価結果を図9に示す。解析と試作で荷重0.3N、ストローク0.03mmの誤差があった。そこで、解析と試作の誤差をパンチの押込み量を調整することで補正した試作品を作製した。その荷重 - 変位曲線を図10に示す。このように、解析と試作の誤差をパンチの押込み量を調整することで所望のメタルドームが試作可能であり、解析をメタルドームと金型の設計に十分有効に活用できることが確認できた。

### 5.2 耐久特性評価結果

メタルドームの耐久特性はメタルドームの適用状態に大きく影響を受けるため、実際の適用アプリケーションで評価試験を行った方が好ましい。そこで今回、新規に作製し

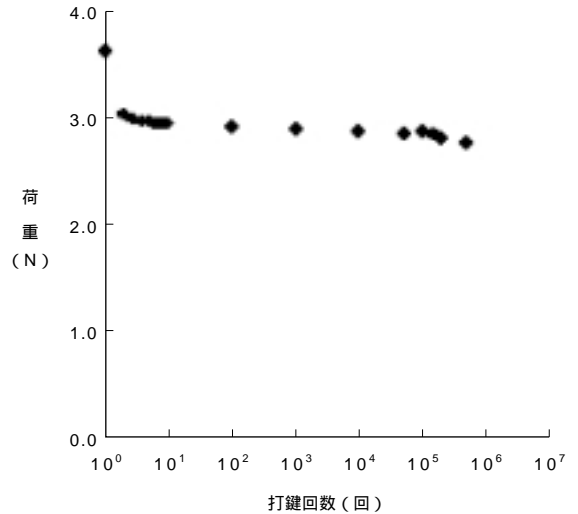


図13 打鍵回数と荷重特性  
Fig. 13. Relation between pushing cycles and load.

表2 高ストロークメタルドームの性能  
Table 2. Specification of high stroke metal dome.

外 径 (mm)	10
荷 重 (N)	3.0
ストローク (mm)	0.6
クリック率 (%)	30 ~ 60

表3 高ストロークメタルドーム採用タクトスイッチの性能  
Table 3. Specification of tactile switch of high stroke metal dome adoption.

最大定格	DC16V - 50mA
寸 法 (mm)	9.2 (W) × 10.3 (D) × 4.2 (H)
耐久回数 (万回)	> 100
接触抵抗 (m )	< 100
チャタリング (ms)	< 10

た図11のタクトスイッチに組込んで評価試験を行った。

ここで、タクトスイッチに組み込んだメタルドームの支持構造について説明する。開発品のメタルドームは従来の丸型形状とは違い、小型で高ストロークとするため4箇所脚部を有した形状であり、メタルドームの支持構造を従来のものと変える必要があった。従来のようにメタルドームの全外周を支持する構造ではなく、押圧されることでメタルドームの脚部が屈伸でき、かつ、ケースとのガタが少なくなるように、メタルドームの脚部間の円弧部中央付近だけを支持する図12のような構造とした。また、このタクトスイッチは高さ4.2mmで、ラバードームを採用したタクトスイッチが高さ5mm以上であるのに対し、0.8mm以上の薄型化を実現している。

耐久特性の評価は表1に示す条件で連続打鍵を行い、荷重特性、接触抵抗、チャタリングの変化をみた。連続打鍵による荷重の変化を図13に示す。100万回まで打鍵を行っても破損することはなかった。また、荷重は打鍵1回目から2回目で0.6Nほど低下し、その後の荷重の変化は小さく荷重特性が安定していた。なお、1回目から2回目の荷重

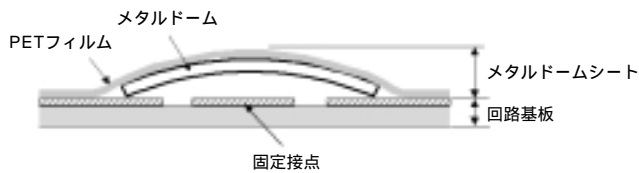


図14 メタルドームシートの構造  
Fig. 14. Structure of metal dome seat.

の大きな低下はプレス成形による残留応力が大幅に開放されたことが原因と考えられる。そのほか、接触抵抗は打鍵前、打鍵100万回後ともに100mΩ以下でチャタリングも打鍵前、打鍵100万回後ともに10ms以下と良好であった。

### 5.3 特性一覧

上記に説明したのものも含めて、高ストロークメタルドームとそれを採用したタクトスイッチの性能をそれぞれ表2、表3に示す。

## 6. むすび

本報告のように外径10mm、ストローク0.6mmの高ストロークメタルドームを開発した。メタルドームと金型の設計は解析を用いて行い、解析と試作の誤差はパンチの押込み量で補正し、所望のメタルドームを試作できた。

今後は解析結果の応力分布を用いて、応力緩和を考慮した形状の最適化を行い、さらなる小型化、高ストローク化

を検討する。また、タクトスイッチについては耐環境特性を評価し、製品化の検討を進める。さらに、メタルドームシート<sup>4)5)</sup>と呼ばれるメタルドームをPETフィルムで支持する図14のような適用アプリケーションも検討する。このメタルドームシートは、高さがフィルム厚とメタルドームの高さだけとなるので、大幅な薄型化が期待できる。

将来は、高ストロークメタルドームを採用したタクトスイッチやメタルドームシートをフレキシブルプリント基板へ実装した薄型のスイッチ配線モジュールを開発し、自動車の商品性向上に貢献したい所存である。

終わりに、本製品の開発にあたり多大なご指導およびご助言を頂いた関係各位に、この場をかりて御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 石郷岡，田垣：スイッチの操作感分析，日産技報，第26号，pp.107-113，1989
- 2) 金森：自動車用スイッチの操作性向上，自動車技術会中部支部報，No.42，pp.56-59，1993
- 3) 富塚ほか：移動体通信端末機器用メタルドーム，フジクラ技報，第104号，pp.42-46，2003
- 4) 大橋ほか：携帯電話用キードームシート，フジクラ技報，第92号，pp.69-77，1997
- 5) 二宮ほか：携帯電話用メタルドームシート，フジクラ技報，第99号，pp.27-31，2000