

Femtetメールマガジン
2025/5/29号コラム

CAE初心者が挑むFemtetによる機構要素技術確立 第1回

シーソー式プッシュボタンの構造解析

CAE解析ソフトウェア  **femtet** (フェムテット)

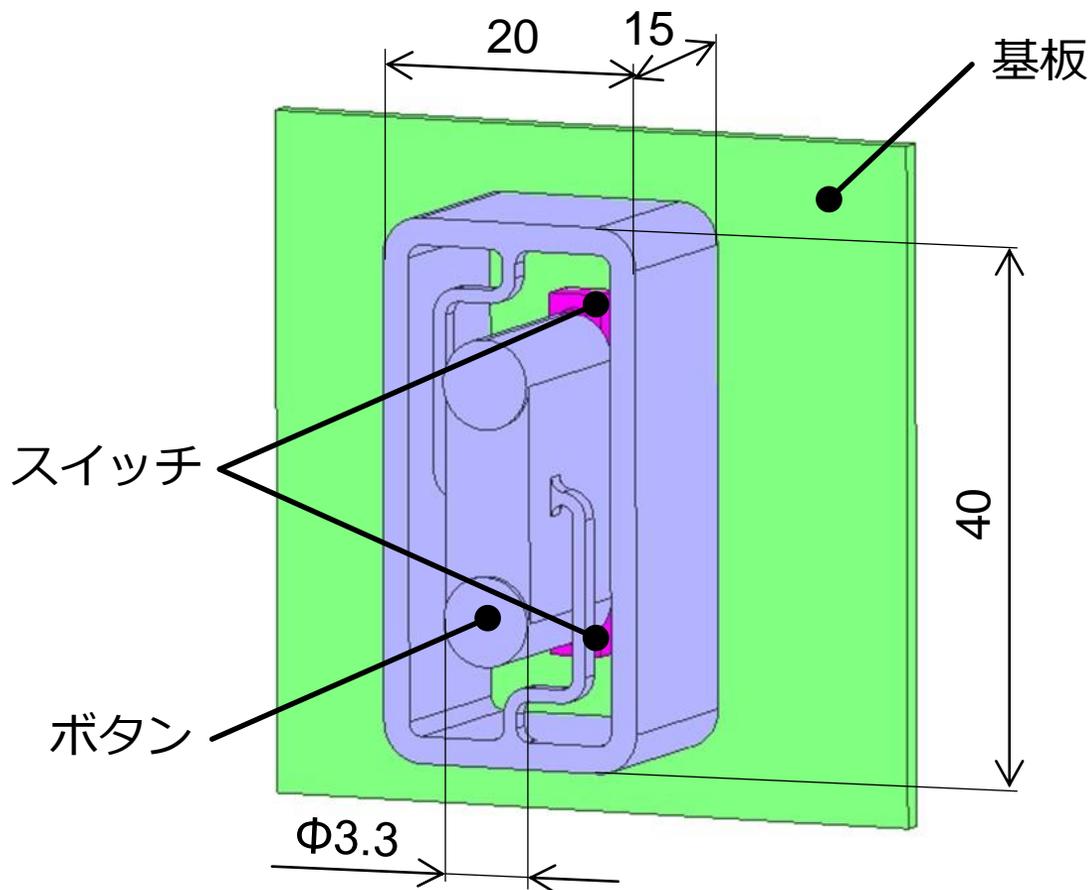
muRata
ムラタソフトウェア株式会社

CAE

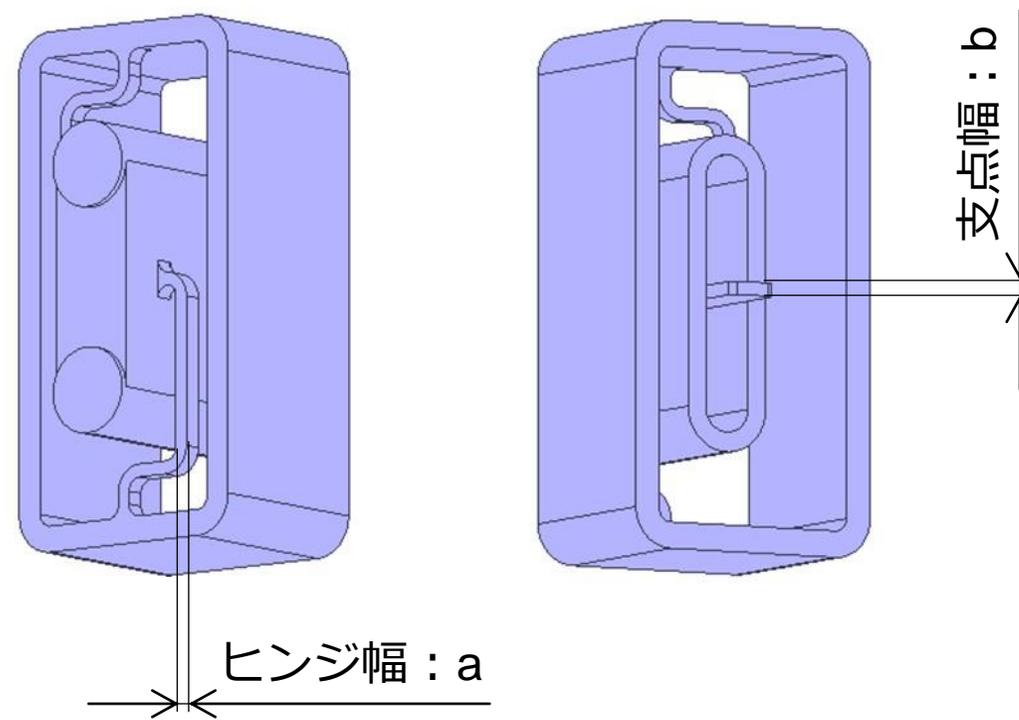


目的

- Femtet 応力解析により、樹脂一体型シーソー式押しボタンのヒンジ幅と支点幅の最適値を求める。設計条件のパラメータ決定プロセスは、操作性とデザインを考慮した最大押力、タクトスイッチ仕様、構造解析条件、支点幅： b 、ストローク量、ヒンジ幅： a の順とする。（寸法単位：mm）



押しボタンアセンブリ概略図



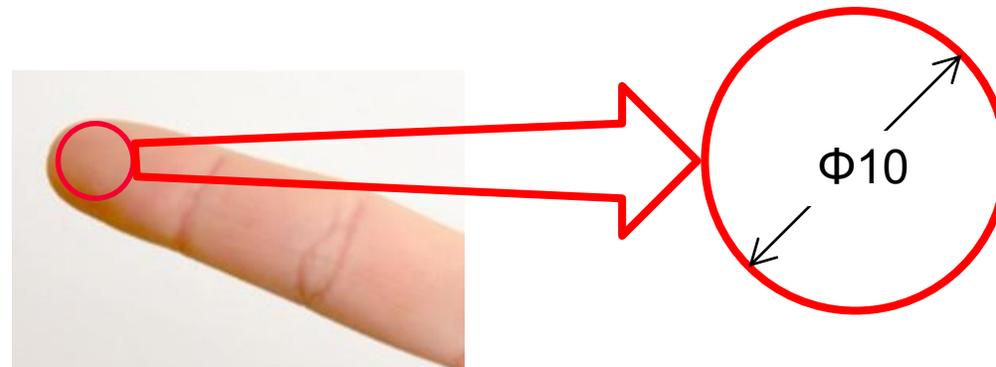
シーソー式押しボタン概略図

操作性とデザインを考慮した最大押力の決定

人がスイッチを押す時の操作力は、スイッチタイプ、男性・女性、若年者・高齢者等での違いはあるが、アンケートの調査結果によると、指全体での操作力は1.0 N ~ 12.0 N、最大可能押力は30 N以下である。尚、指径を $\Phi 10$ mmとすると、指面積は 78.54 mm^2 であり、押す応力は $0.013 \text{ N/mm}^2 \sim 0.153 \text{ N/mm}^2$ になる。
(アンケートの詳細は付録 (1) を参照のこと)



例) プッシュスイッチ



指の概略図

$$\text{指の押し面積} : \pi R_1^2 = \pi \cdot 5.0^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{当ボタン面積} : \pi R_2^2 = \pi \cdot 3.3^2 = 34.21 \text{ mm}^2$$

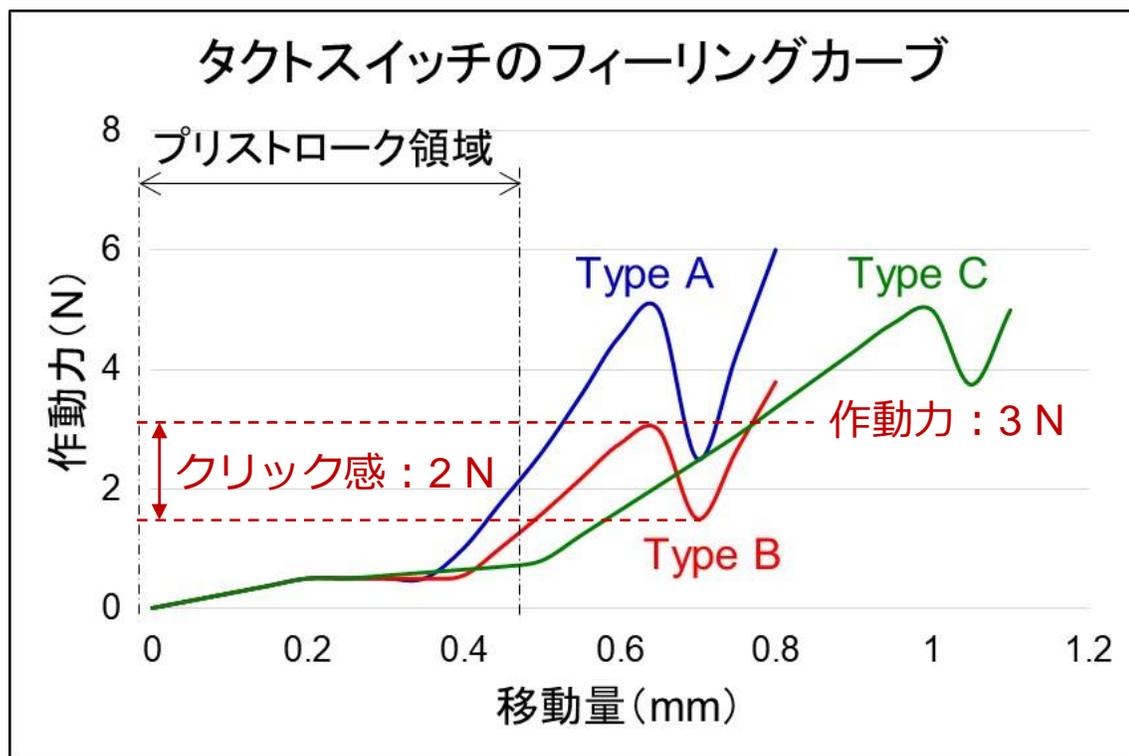
以上から、ボタンによる通常の押力は下記になる。

$$0.013 \times 34.21 \sim 0.153 \times 34.21 = 0.44 \text{ N} \sim 5.23 \text{ N}$$

∴ 操作性を考慮した最大押力は5.2 Nになる。

タクトスイッチ仕様の決定

プッシュスイッチ用ボタンを設計するときは、各部品（スイッチ本体、基板、ボタン）の寸法公差、組立公差、スイッチのフィーリングカーブを考慮する必要がある。操作性を考慮した最大押力は5.2 Nである為、クリック位置到達迄に5.0 N以上が必要なType AとType Cでは成り立たない。よって、**Type B**を選択する。



例) タクトスイッチのフィーリングカーブ

1. スwitchの高さ公差：±0.1 mm
2. 基板厚みと反り公差：±0.05 mm
3. ボタンの寸法公差：±0.05 mm（管理寸法：±0.02 mm）
4. 組立公差：±0.05 mm（管理寸法：±0.02 mm）

以上から、全体公差（最小）は±0.2 mmとなる。

ボタンとスイッチ本体を離す設計では、微振動による音ビリ対策を考慮し、経験上0.2 mmのクリアランスが必要である。よって、Type Bの最低限必要なストロークは下記になる。

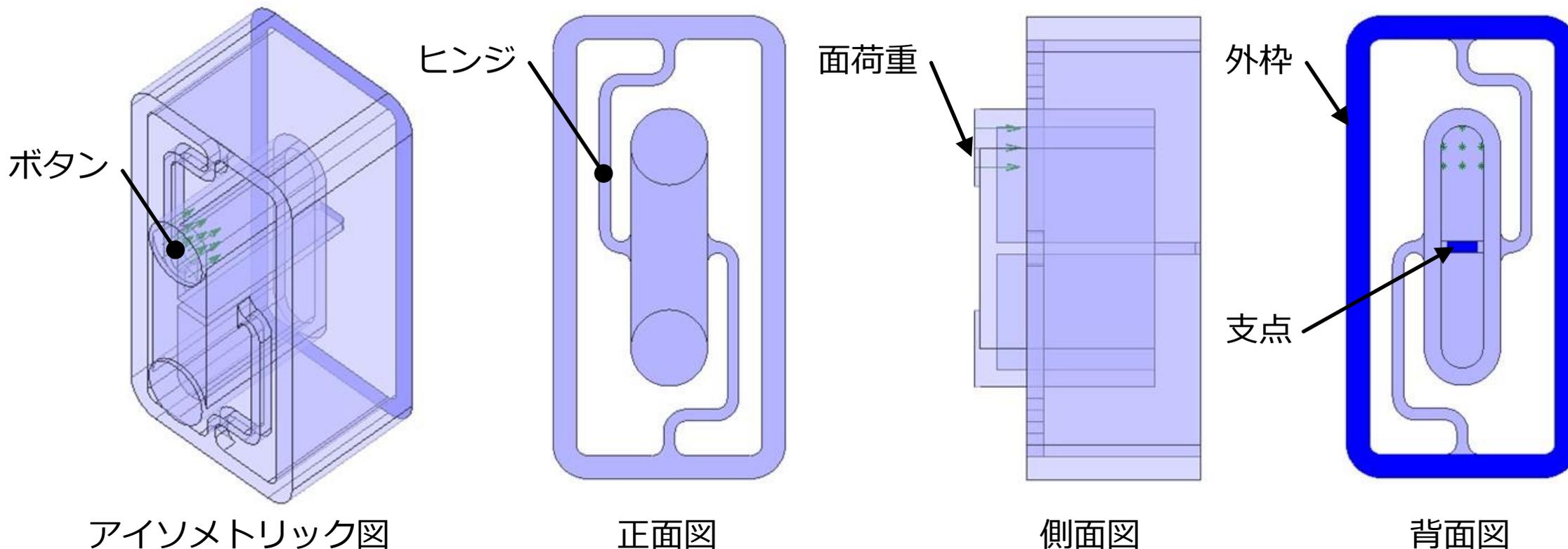
$$0.2 \text{ mm} + 0.2 \text{ mm} + 0.8 \text{ mm} = 1.2 \text{ mm}$$

常に押している状態ならば、ボタン静止位置は $0.2 \pm 0.2 \text{ mm}$ である為、ストロークは0.8 mm以上であれば問題ない。

尚、30Nでも壊れない（弾性域内）設計は別解析で検討する。

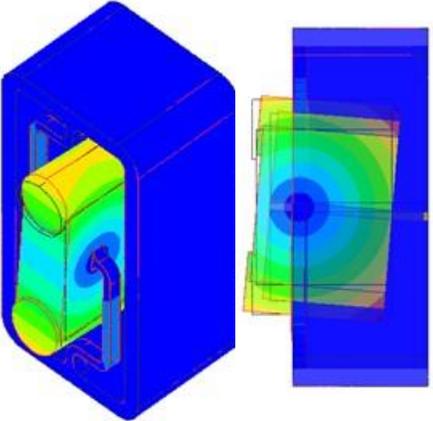
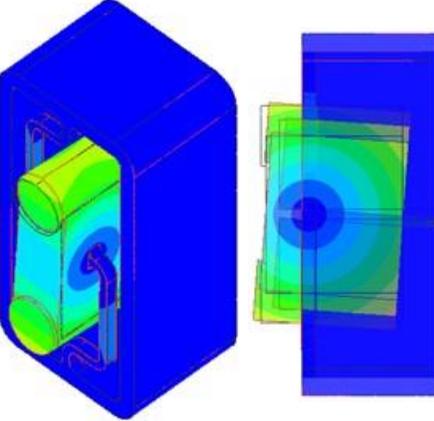
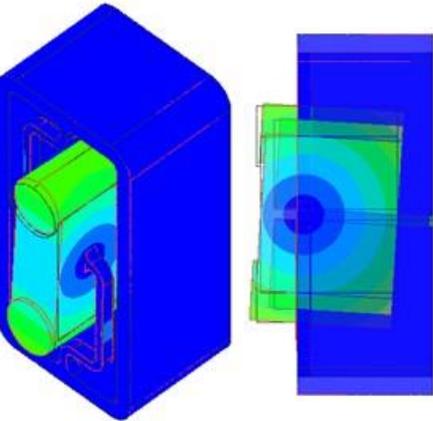
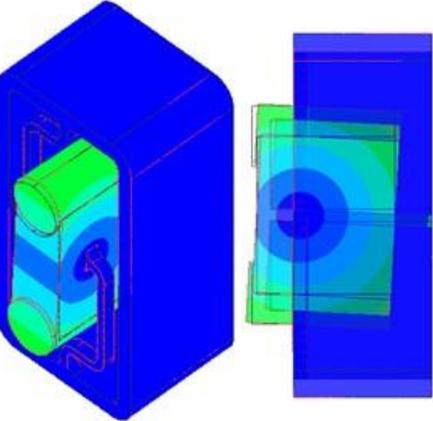
構造解析条件

- 解析ソルバ：応力解析、解析タイプ：静解析
- シーソータイプのボタン材料：ABS（耐衝撃性）、引張降伏応力：30 MPa ~ 43 MPa
- 境界条件（拘束条件）：外枠底面を固定（X、Y、Z：変位拘束）
- 境界条件（拘束条件）：支点を固定（Y：変位拘束）
- 境界条件（荷重条件）：上側ボタン面荷重（最大押力 - タクトスイッチ作動力：5.2 N - 3 N = **2.2 N**）



最大変位・ミーゼス相当応力比較（パラメータ：支点幅）

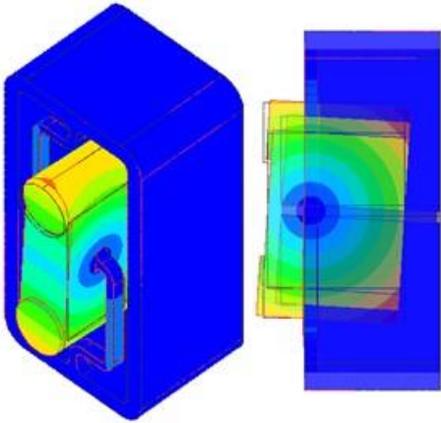
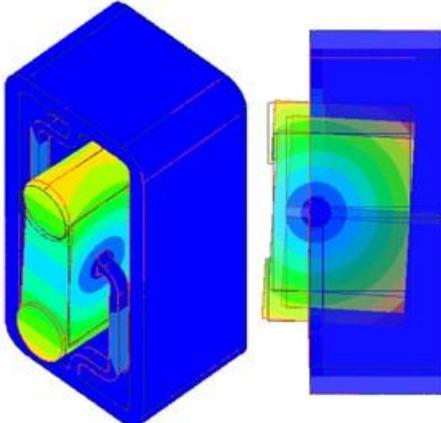
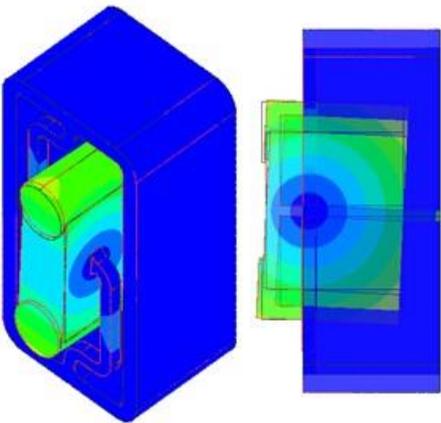
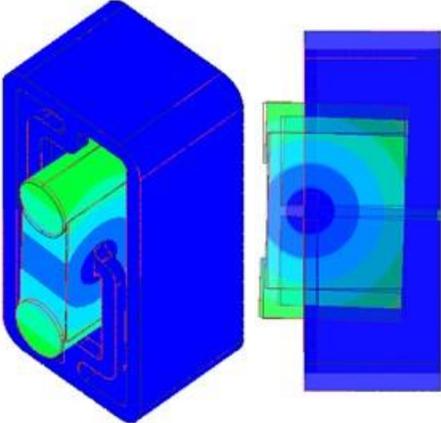
- 最初に、ヒンジ幅：aと支点幅：bを無理なく樹脂射出成形可能な最小幅：1 mmとしたモデルで構造解析を行い、支点部の応力がABS材料の最小引張降伏応力：30 MPaを超える場合は支点幅を0.1 mmずつ増やし、30 MPa以下になる幅から最終寸法を決定する。次ステップとして、ヒンジ幅を増やす（次頁参照のこと）。

a (mm)	1.0			
b (mm)	1.0	1.1	1.2	1.3
変位カウンター図				
ストローク量 (mm)	1.32 > 0.8	1.14 > 0.8	0.98 > 0.8	0.85 > 0.8
ミーゼス相当応力 (MPa)	33.1 > 30	32.2 > 30	28.3 < 30	* 25.5 < 30

* B寸法が1.3 mm時は支点と壁面結合部が最大応力箇所となり、29.3 MPaなることから最適寸法は1.2 mm。

最大変位・ミーゼス相当応力比較（パラメータ：ヒンジ幅）

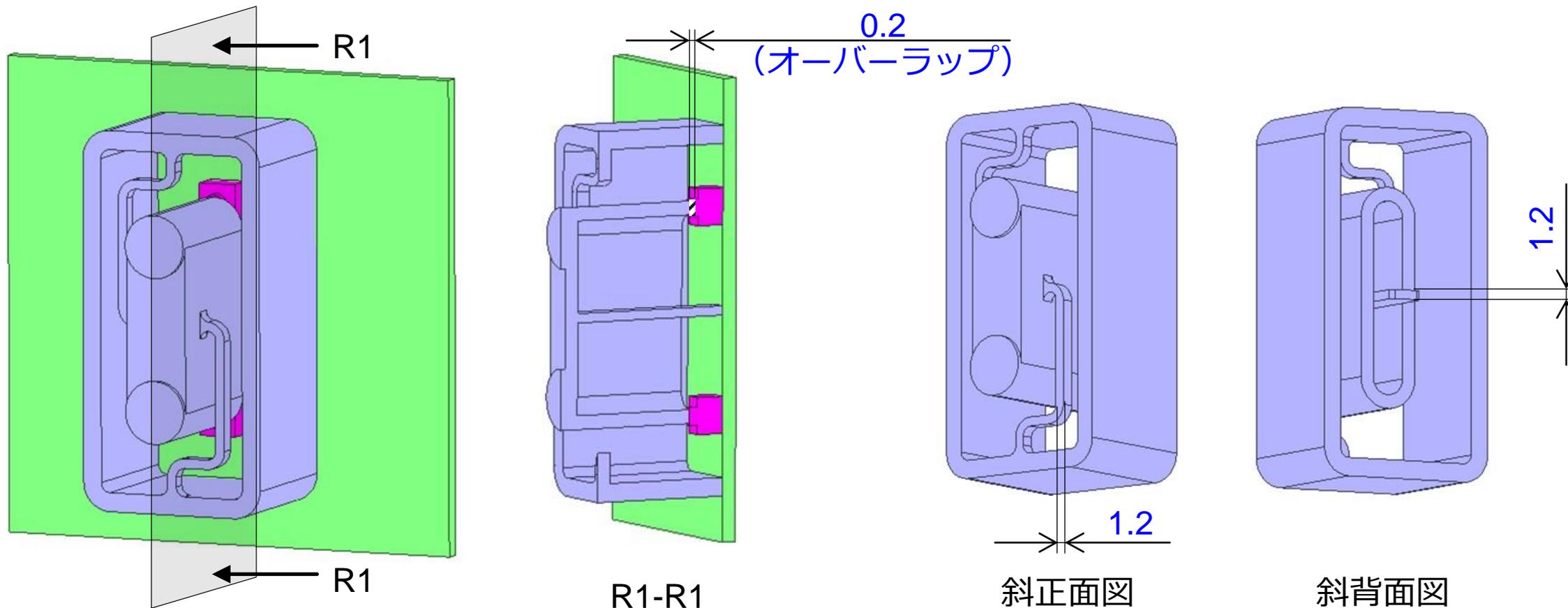
- b寸法を1.2 mmに固定し、a寸法を1.0 mm、1.2 mm、1.5 mm、2.0 mmと変化させたときのストローク量（最大変位）と支点に掛かるミーゼス相当応力の変化を求める。
- 【クライテリア】 ストローク量：0.8 mm以上、ミーゼス相当応力：30 MPa以下

b (mm)	1.2			
a (mm)	1.0	1.2	1.5	2.0
変位カウンター図				
ストローク量 (mm)	0.98 > 0.8	0.94 > 0.8	0.76 < 0.8	0.59 < 0.8
ミーゼス相当応力 (MPa)	28.3 < 30	27.3 < 30	23.2 < 30	19.1 < 30

最適値

結論

ボタンとスイッチ間のクリアランス：0.2 mmを確保すれば、支点へのミーゼス相当応力が30 MPaを超える為、当材料は使用出来ない。よって、ボタンとスイッチのオーバーラップを0.2 mmとし、ストロークは0.8 mm以上、ミーゼス相当応力は30 MPa以下とすると、最適ヒンジ幅：Aと最適支点幅：Bは共に1.2 mmになる。



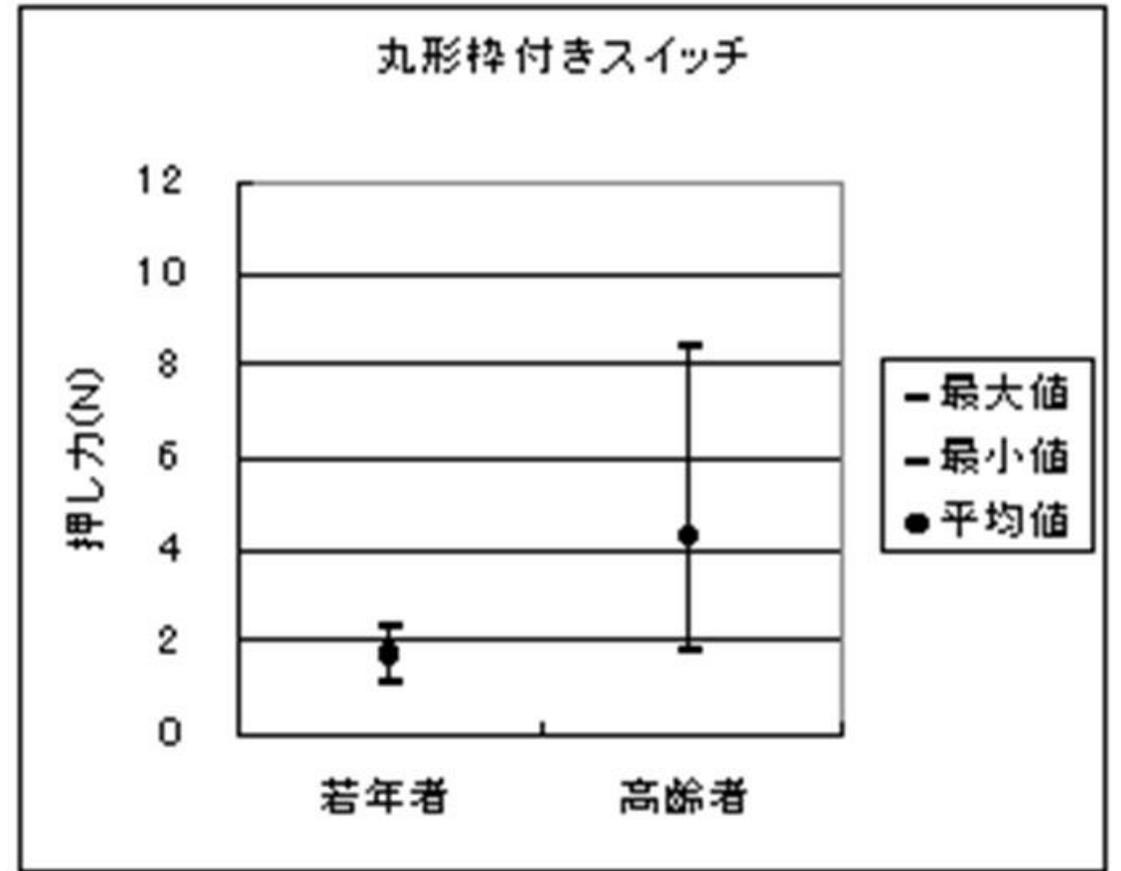
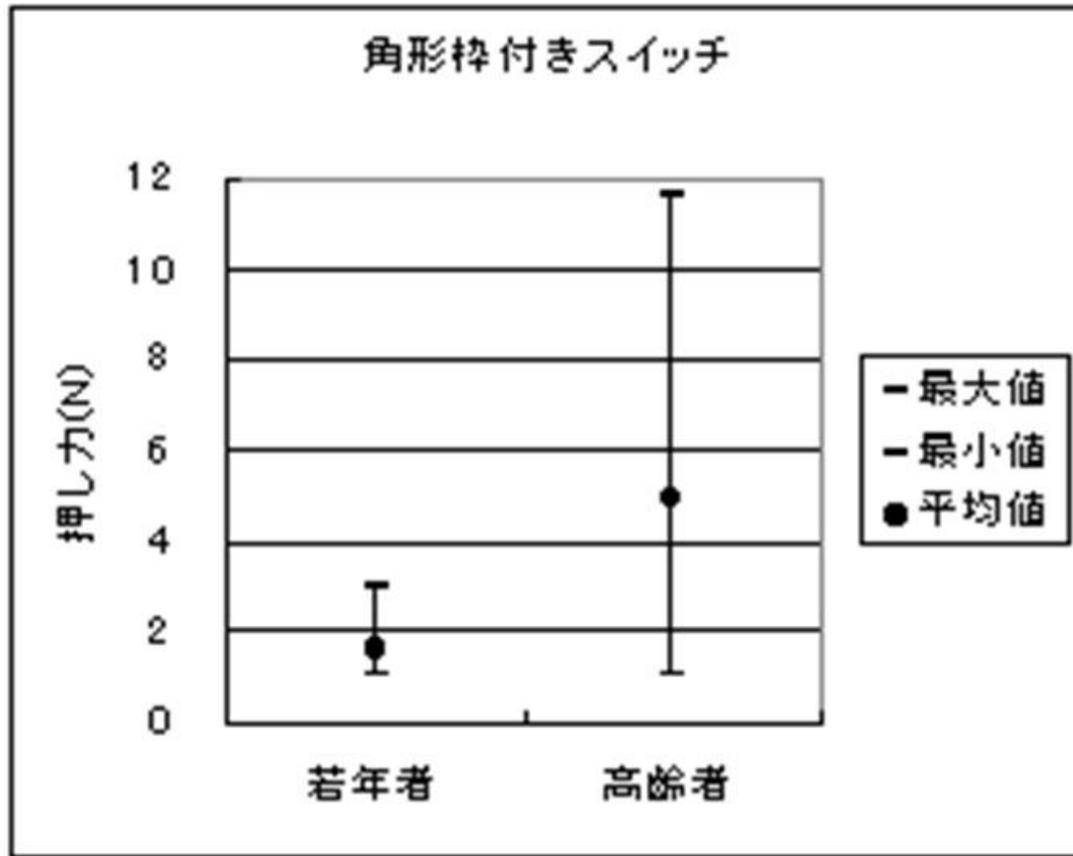
ボタンとスイッチの位置関係 (基準)

プッシュボタン概略図

次回は「自動車ボディの大変形解析」を掲載予定です。
ぜひ次回もご覧ください。

付録 (1)

下記グラフは、一般社団法人 人間生活工学研究センターのHQLデータベースサイトから引用したデータであり、平成12年度にスイッチ操作感を調査したものである。若年者と高齢者に差はあるものの1 N~12 Nで操作していることが分かる。



出典<[タイプの違うスイッチの押しやすさと押し力 \(H12 NEDO 20人\)](#)
- [一般社団法人 人間生活工学研究センター \[HQL\] データベースサイト](#)>