

## マイクロ・アクチュエータの電気・熱・構造連成解析

本事例は、MEMS デバイスの電気・熱・構造(ジュール熱-構造)の連成解析を行なったものである。図-1に本解析で用いた MEMS デバイスを示す。この装置は多結晶シリコンで構成された U 型マイクロ電気・熱・アクチュエータを 2 つ組み合わせたものである。アクチュエータは細いアーム (ホットアーム) と幅の広いアーム (コールドアーム) の熱膨張量の違いを利用して変形させるものである。2 つの電気パッドの間に電位差 (5 V) を与え、デバイスに電流を流す。U 型構造の 2 つのアームの幅が異なるため異なる電流密度が得られ、同時にジュール熱が計算される (電場解析)。そして単位体積当たりの発熱量の違いによる温度分布が計算される (熱解析)。その温度分布をもとに熱応力計算が行われ最終的に変形量が求まる (構造解析)。この装置の先端に大きな反力を生じさせるためには、いくつかのアクチュエータを先端で結合させる。本例は、2 つのアクチュエータを組み合わせた MEMS デバイスである。Mpact では、アクチュエータのシリコン材料に電場解析・熱解析・構造解析に必要な材料特性を同時に与えることにより、電場・熱・構造の強連成解析を自動的に行うことができる。

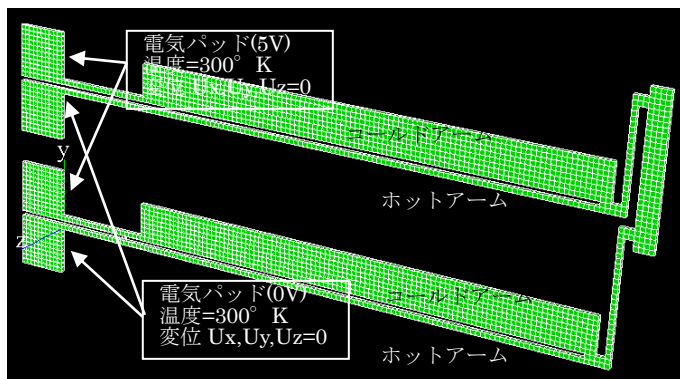


図 1. 二つアクチュエータを組み合わせたデバイスのメッシュ図と境界条件

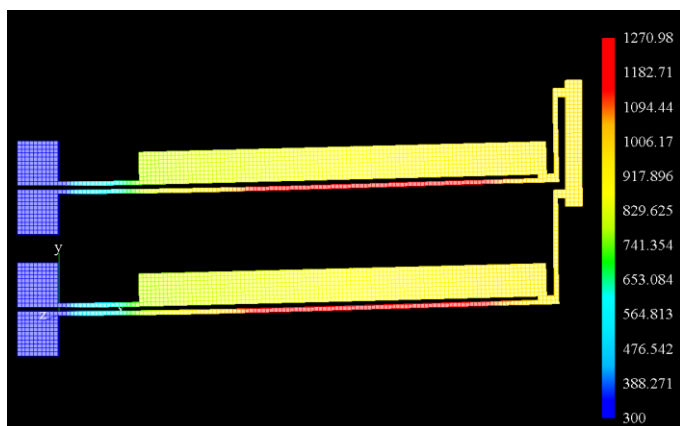


図 2. 温度分布コンターおよび変形図(scale=1)

形状としては、厚さ  $2\mu\text{m}$ 、アクチュエータのホットアームの長さが  $240\mu\text{m}$  である。材料特性は、代表的な多結晶シリコンの値を用いている。境界条件としては、電気パッドの電極に電位差 5 V、温度  $300^\circ\text{K}$ 、 $x, y, z$  方向変位を 0 で固定している。またデバイスの初期温度は  $300^\circ\text{K}$  である。

以上の条件で定常解析を行った。解析結果の温度分布と変形図を図-2 に示す。デバイス最先端の変位は約  $5.9\mu\text{m}$  で、報告されている実験結果ともよく一致している。尚要素には 2 次の 6 面体ソリッド要素を使用しており、2525 要素・34167 節点の有限要素モデルである。