

1. 緒言

現在、X線天文衛星「ASTRO-H」の開発が進んでいる。この衛星に搭載される硬X線望遠鏡には、アルミ合金製の薄いフォイルが同心円状に配置され、フォイルの形状と半径位置が観測性能に影響する。観測性能のさらなる向上を目指した将来のHXTの大型化を考えた場合、大型化による振動特性への影響を調べることは非常に重要である。本研究ではフォイルのサイズの違いが振動特性に与える影響を把握するために、FEM解析を行った。

2. 解析方法と解析条件

本研究は、解析に汎用FEM解析ソフト(ABAQUS)を用いた。Fig1にFEMモデル図を境界条件と共に示す。16.07°間隔で配置された幅1mmの8本のアライメントバーにフォイルをはめ込むものとし、フォイル上下部のエッジの幅1mmの8ヶ所について半径方向変位を拘束 ($U_r=0$)、同じ個所について、下部エッジのみz方向変位を拘束している ($U_z=0$)。また、フォイル中央の上下2点の円周方向の変位を拘束 ($U_\theta=0$) する。

3. 解析結果および考察

周波数応答解析について述べる。解析の結果、エッジ、センター共に半径を大きくすると共振周波数が下がるが、ピーク値に関しては、エッジの共振ピークは半径の増加に従って減少するものの、センターのピーク値はあまり変化しないことが分かった。これは、半径が大きくなるとエッジに対するセンターの振幅の比率が大きくなる、すなわち、エッジモードにセンターモードが混ざった応答になることを意味している。

次に変位振幅について述べる。変位と加振周波数の関係をFig2に示す。HXTの構造上、バーに支えられている支持点付近の変位が大きな問題となる。センターの最大振幅は半径250mmで1.23mm、半径300mmで1.86mm、半径350mmで2.74mmとなっている。よって、半径がある程度大きくなると、センターの振幅が大きくなりフォイルがバーから外れる可能性が高まること分かった。これを防ぐには、センターモードの共振周波数を100Hz以上に上げるようにフォイルサイズを決めなくてはならない。

最後にフォイルの厚みと長さの影響について述べる。振動数を厚みに対してプロットした図をFig3に示す。図よりエッジとセンターのどちらも周波数は厚みに対して線型的に増加することが、固有振動数への厚みの影響は半径にあまり依存しないことが分かる。また、振動数を長さに対してプロットした図をFig4に示す。図より、エッジとセンターのどちらも周波数は長さの増加に対して、非線形的かつ単調的に減少することが分かる。また、固有振動数への長さの影響は、センターは半径にあまり依存しないが、エッジに関しては半径の影響が見られることが分かった。以上より、厚みと長さの変化が固有振動数に与える影響は、どちらもセンターの方が大きいことが分かった。

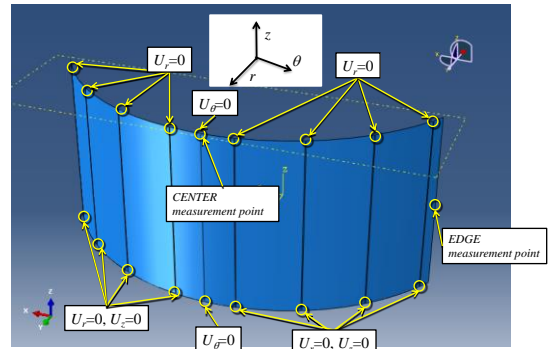


Fig1.FEM model of a mirror foil

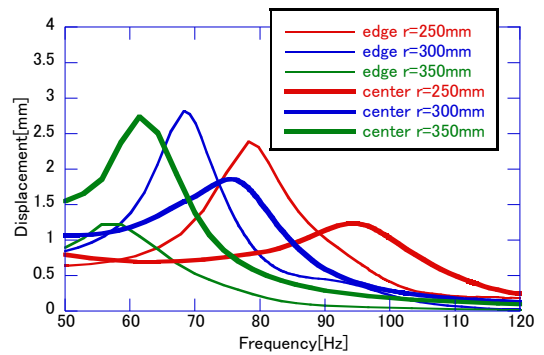


Fig2.Frequency response curves at the edge and center measurement points (h=200, t=0.2)

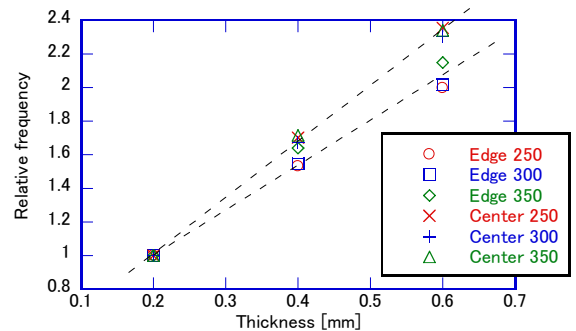


Fig3.Relationship between thickness and relative frequency for various size of foil (h=200)

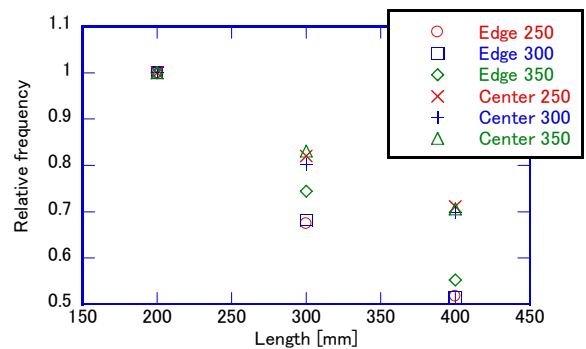


Fig4. Relationship between length and relative frequency for various size of foil (t=0.2)