

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	曲率を有する膜面デバイスを貼付した宇宙構造物用薄膜の形状評価
Title(English)	
著者(和文)	松下将典
Author(English)	Masanori Matsushita
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10912号, 授与年月日:2018年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松永 三郎,轟 章,古谷 寛,野田 篤司,中西 洋喜,坂本 啓
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10912号, Conferred date:2018/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	松下 将典	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	松永 三郎	教授	坂本 啓	准教授
	審査員	轟 章	教授	中西 洋喜	准教授
		古谷 寛	准教授		
野田 篤司		特定准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「曲率を有する膜面デバイスを貼付した宇宙構造物用薄膜の形状評価」と題し、以下の6章から構成されている。

第1章「序論」では、宇宙構造物としての薄膜構造を適用した小型ソーラー電力セル実証機 IKAROS の軌道上実証実験で観察された厚さ $7.5\mu\text{m}$ の薄膜大型構造の予想外の面外変形が曲率を有する膜面デバイスによる影響と推測されているが十分に検討されていないことを指摘して、曲率を有する膜面デバイス貼付による薄膜構造の変形特性、面外剛性、太陽輻射圧トルクへの影響を解明して評価することが本論文の研究目的であると述べている。

第2章「地上実験用部分膜モデルを用いた曲率を有する膜面デバイス付き矩形膜の変形特性」では、曲率を有する膜面デバイス付き膜の形状特性を求めるため、まず、スピンソーラーセル膜の局所部分を対象とし、曲率を有する膜面デバイス貼付による薄膜への影響を力のモーメントを付与することで模擬した矩形の地上実験用部分モデルを設定し、静解析および準静的な動解析の2通りの幾何学的非線形有限要素解析を行って、遠心力を模擬した1軸張力下での面外変形特性を求めている。次に解析モデルと同様な供試体を用意して3次元形状測定器を用いた形状測定実験を実施して、シワの発生状況などが解析結果と定性的に一致することを示し、曲率を有する膜面デバイス近傍の張力下での薄膜変形特性を明らかにしている。

第3章「地上実験用部分膜モデルを用いた曲率を有する膜面デバイス付き矩形膜の振動特性」では、膜面デバイスの曲率が面外方向固有モードの固有振動数に与える影響を見るため、前章の単純モデルを対象として、曲率のない膜面デバイス付き膜や膜面デバイスの付いていない平膜と比較しながら、1軸張力下面外変形後の固有値解析および真空槽内での振動実験を実施して、面外方向有効質量比が最大の固有振動数と実験で計測された共振振動数の分布傾向が一致し、解析モデルが妥当なことを確認するとともに、曲率を有する膜面デバイス付き膜に関する1軸張力と固有振動数の関係を明らかにしている。

第4章「軌道上膜モデルを用いた曲率を有する膜面デバイス付き膜の変形特性」では、第2、3章の解析モデルを拡張複雑化したペタル状の軌道上膜モデルを用いて、曲率を有する膜面デバイスによる自由境界、無張力下でのペタル薄膜の変形特性を解明することを目的として、正3角形から正6角形、円形、台形の薄膜形状に対して、膜面デバイスの枚数、位置、向きを変化させることによる非線形有限要素解析を実施し、薄膜上のシワの生成形状パターンを定性的定量的に求めるなど変形特性を詳細に明らかにしている。

第5章「軌道上膜モデルを複数結合した曲率を有する膜面デバイス付きソーラーセル膜全体の変形特性」では、IKAROS や現在計画されているソーラー電力セル探査機 OKEANOS と同様に、軌道上膜モデルであるペタルを複数枚ブリッジで結合した複合膜構成を有するセル膜全体を模擬した解析モデルを用いて、曲率を有する膜面デバイス貼付による薄膜変形への影響を解析している。まず、膜面デバイスの枚数、サイズ、向き、位置をパラメータとし、太陽輻射圧が外力として作用するときのセル全体の面外変位およびセル面垂直回りの太陽輻射圧トルクを求めることで、全体形状への影響評価を実施している。膜面デバイスの向きとペタルのたわみ方向によって、セル全体がピラミッド型、逆ピラミッド型、鞍型と呼ぶ特徴的な形状に変形する傾向を見出し、逆ピラミッド型は太陽輻射圧に対して不安定、ピラミッド型と鞍型はともに面外剛性が高く、太陽輻射圧トルクが小さくなる傾向があるが、鞍型は太陽輻射圧トルクの正負を制御しやすいことを示し、結果として、形状安定性および太陽輻射圧トルク制御の観点から鞍型が望ましいことを示している。

第6章「結論」では、本論文の結論を述べ、今後の課題を議論している。

以上を要するに、本論文は、曲率を有する膜面デバイス貼付によって、ソーラーセルなど大型で薄い膜面の面外変形に与える影響を解析および実験で評価するとともに、太陽輻射圧によるソーラーセルの形状や作用トルクを管理するための膜面デバイス配置の設計指針を示したものであり、工学上、工業上、貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。