

超小型深宇宙探査機用自己展開膜面太陽電池アレイの振動特性

Natural Vibration Characteristics of Self-Deployable Membrane Solar Array for Deep Space Micro-Explorer

奥山・宮崎研究室
Okuyama-Miyazaki Laboratory
董 方皓
FangHao Dong

The purpose of this research is to propose an ultra-lightweight solar cell array for a deep space probe and to clarify its vibration characteristics by comparing a 1-square-meter array with a 6-square-meter array.

1. 序論

1.1. 研究背景

現在,数十kgレベルの超小型宇宙機で新宇宙を探索する提案ができつつある.電力を確保するために,軽量で大型の展開太陽電池アレイが求められている.そこで, Fig. 1に示す自己展開三角形トラスに薄膜太陽電池セルを貼付したものが現在検討されている.

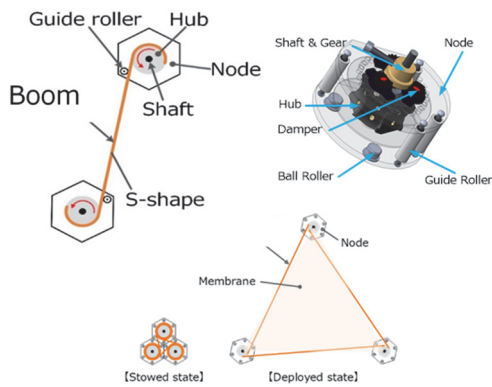


Fig. 1 Configuration of self-deployable membrane truss

自己展開三角形トラスはセルを自由に回転できる円筒に巻き,その後,回転させることで,巻き付けた際に蓄えられた歪エネルギーを運動エネルギーに変換し,直線状に自己展開,あるいは伸展する.大型宇宙構造物実現のために様々な展開構造物の中で,自己展開構造は以下の利点を持っている.^{[1][2]}

- (1) 収納性が高いこと
- (2) 軽量であること
- (3) 展開後の剛性が高いこと
- (4) 構造様式が簡素であること
- (5) モジュール化が可能であること

1.2. 本研究の目的

本研究では,深宇宙探査機用の超軽量太陽電池アレイが提案され,1m²と6m²の三角形太陽電池アレイの固有振動数と固有振動モードを計算し,その振動特性を明らかにすることを目的とする.

2. 太陽電池アレイのサイズと固有振動モード

1m²アレイと大きめの6m²のアレイの振動特性を比べることを通して,大型のアレイも実際に使用できるかを確認しようと考えているので,この二つのサイズのアレイについて調べる.

2.1. 1m²の場合

1m²の三角形太陽電池アレイのイメージ図をFig.2のように示す.

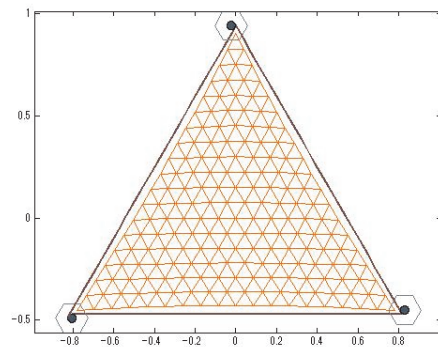


Fig. 2 1m² triangular solar array

このアレイの諸元をTable.1のように示す.

Table.1 Array Specifications

ブーム		膜	
直径	30mm	質量	15.344g
厚さ	0.5mm	密度	1.964g/mm ³
長さ	1680mm	厚さ	0.24mm
質量	49.351g		

固有振動数と固有振動モードの結果をFig.3からFig.10に示す.

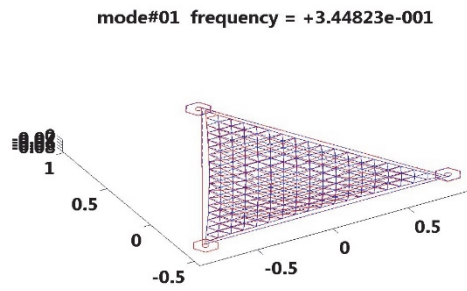


Fig. 3 1m² natural vibration mode (1st mode)

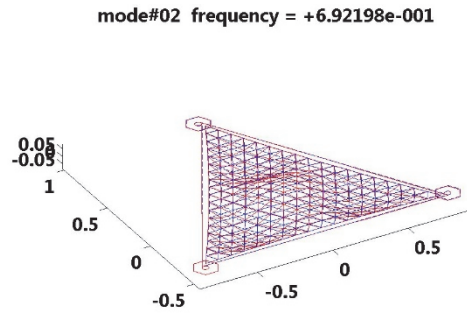


Fig. 4 1m² natural vibration mode (2nd mode)

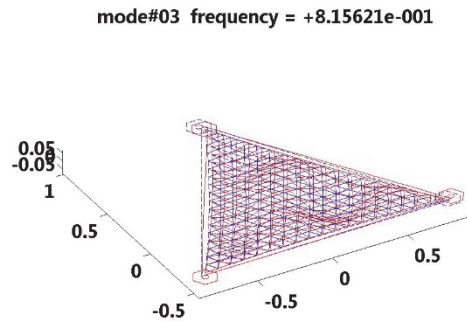


Fig. 5 1m² natural vibration mode (3rd mode)

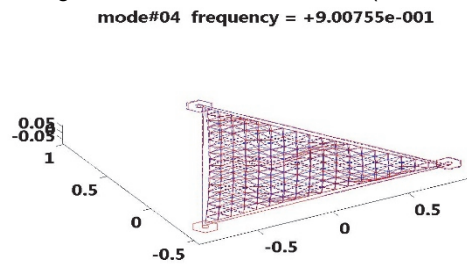


Fig. 6 1m² natural vibration mode (4th mode)

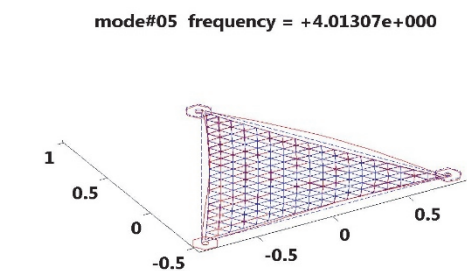


Fig. 7 1m² natural vibration mode (5th mode)

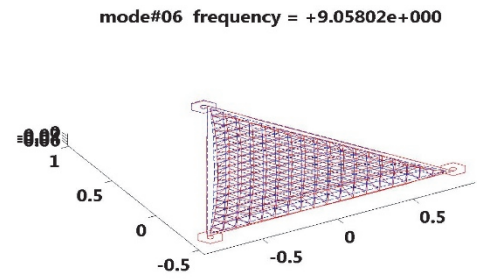


Fig. 8 1m² natural vibration mode (6th mode)

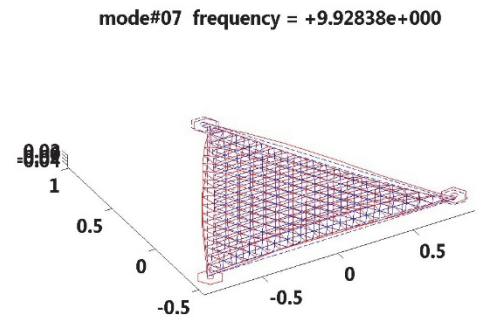


Fig. 9 1m² natural vibration mode (7th mode)

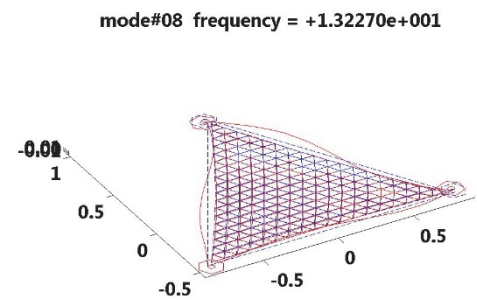


Fig. 10 1m² natural vibration mode (8th mode)

2.1.1. 考察

Fig. 3 から Fig. 10 までにより, 膜の歪みは 2×10^{-7} の 1m² のアレイの場合では, 膜がブームに引っ張られず, 振動によるゆるかな起伏を繰り返し, 激しい波のように見える状態になっている. この状態では膜が安定していないと考えている.

2.2. 6m²の場合

三角形太陽電池アレイの面積が6m²になるように, ブームの長さを調整する. 6m²の三角形太陽電池アレイのイメージ図を Fig. 11に示す.

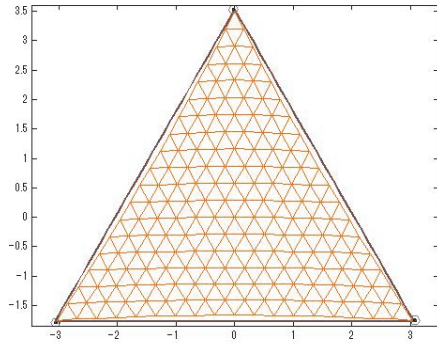


Fig. 11 6m² triangular solar array

膜の歪みが 2×10^{-7} の場合であり、膜の歪みを調整することで、膜全体の張力を調整することができる。本研究では、膜の歪みを 10×10^{-7} に調整して実行を行なった。

張力を変えた後の固有振動数と固有振動モードをFig. 12からFig. 19に示す。

mode#01 frequency = +1.53908e-001

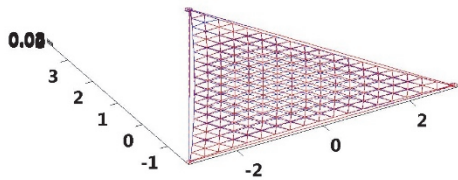


Fig. 12 6m² natural vibration mode (1st mode)

mode#02 frequency = +1.86430e-001

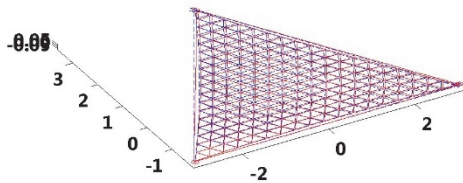


Fig. 13 6m² natural vibration mode (2nd mode)

mode#03 frequency = +2.39500e-001

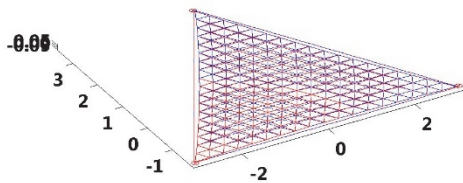


Fig. 14 6m² natural vibration mode (3rd mode)

mode#04 frequency = +2.43795e-001

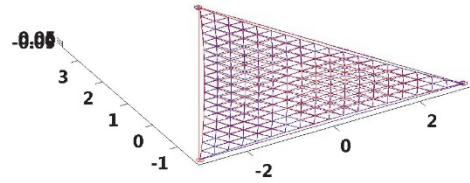


Fig. 15 6m² natural vibration mode (4th mode)

mode#05 frequency = +3.06242e-001

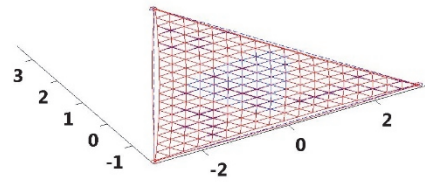


Fig. 16 6m² natural vibration mode (5th mode)

mode#06 frequency = +3.15016e-001

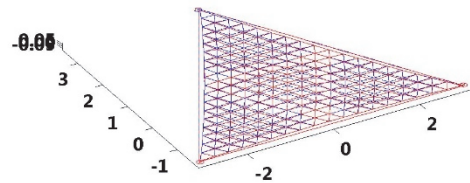


Fig. 17 6m² natural vibration mode (6th mode)

mode#07 frequency = +4.01139e-001

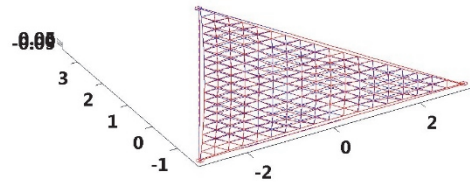


Fig. 18 6m² natural vibration mode (7th mode)

mode#08 frequency = +4.44206e-001

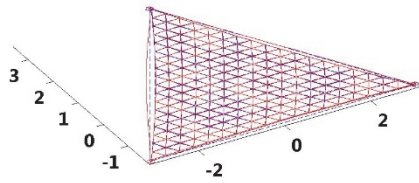


Fig. 19 6m² natural vibration mode (8th mode)

2.2.1. 考察

Fig. 12からFig. 19までによって、膜の歪みを変えることによって張力を上げること、膜が比較的安定な状態となっていると考えている。

3. 結論

本稿では、自己展開三角形トラスを用いた太陽電池アレイの固有振動数と固有振動モードを示した。大型化にされた三角形太陽電池アレイが張力を上げることで、膜の振動の安定さを改善され、作動することかできると考えられている。

参考文献

- [1] 佐藤陸, 局所ラグランジュ法を適用したモジュール構造の動力学, 平成30年日本大学理工学部航空宇宙工学科卒業論文, 2018.
- [2] 福永桃子, 宮崎康行, 自己展開トラスの展開性向上, 第61回宇宙科学技術連合講演会, JSASS-2017-4701, 2017年.