

テンセグリティ方式大型宇宙構造物の展開組立の検討
Examination of Development of Tensegrity Method Large-Scale Space Structure

総合技術研究本部 宇宙先進技術研究グループ 稲葉 一幸 小田 光茂

Institute of Space Technology and Aeronautics
Advanced Space Technology Research Group
Inaba Kazuyuki, Misushige Oda

Abstract

This research paid attention to an excellent tensegrity structural style in lightness and storage as a structural style of the large-scale space structure, verified the structure by the automatic development method, and effectiveness was verified from the viewpoint of the simulation and the experiment.

1. はじめに

宇宙太陽光発電システムや月探査基地などの宇宙インフラを構築するためには、大型の構造物を搬送する必要がある。しかし、ロケットの有効積載量の制約上、必然的にサイズおよび重量の制限が発生する。したがって、打ち上げ時にはコンパクトにロケットの搭載スペースに収納され軌道上で展開するといった構造様式が必要になる。そこで、本研究では展開式の宇宙構造物として、テンセグリティ方式における宇宙構造物に着目し、展開組立について検討した結果を報告する。

テンセグリティ構造とは、硬い棒（以降、「棒材」という。）をケーブルのような柔軟な部材（以降、「弦材」という。）をつないで立体を構成するものである。通常のトラス構造に比べて軽量で、収納性に優れた構造にすることができ自重に対する剛性が高いというメリットがある。

テンセグリティ構造概念図を図1に示す。

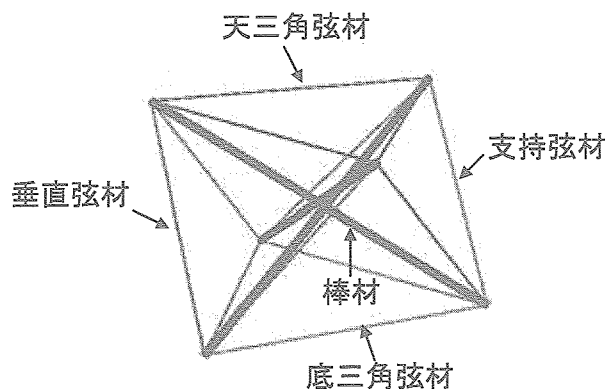


図1: テンセグリティ構造 概念図

2. 研究の概要

テンセグリティ構造は、収納性の面で有効な構造様式である。しかし、宇宙飛行士による船外活動での組立ては構造的にも容易ではない。したがってテンセグリティ構造物は自動組み立て方式が必須になる。本研究は、宇宙大型構造物をテンセグリティモジュールの集合体と想定し、このモジュールのひとつを自動展開する機構を提案した。また、展開機構の評価はシミュレーションと実験の観点から行い、得られた評価結果から将来的な大型宇宙構造物である月探査計画での太陽発電用タワーや宇宙太陽光発電システムへの適用化の検討として、テンセグリティ方式展開構造物の地上実験モデルを試作している

3. 成果の概要

3.1 自動展開模型の地上展開実験

展開シミュレーションで、算出した弦材の張力と定性的な一致が得られたことより、本研究で提案した展開機構が実現可能であるといえる。

弦材の曲がり部に発生する摩擦力や棒材の自重、リール巻取り方法の不具合など多くの問題が抽出することができ、実用化に向けたテンセグリティ方式展開構造物の試作に際し、有効な知見を得ることができた。

図 2 に自動展開模型を示す。(a)展開模型の全体像、(b)が天三角弦材と底三角弦材に張力を働かせるコンストン、(c)が弦材を巻き取って棒材を回転させる駆動部である。

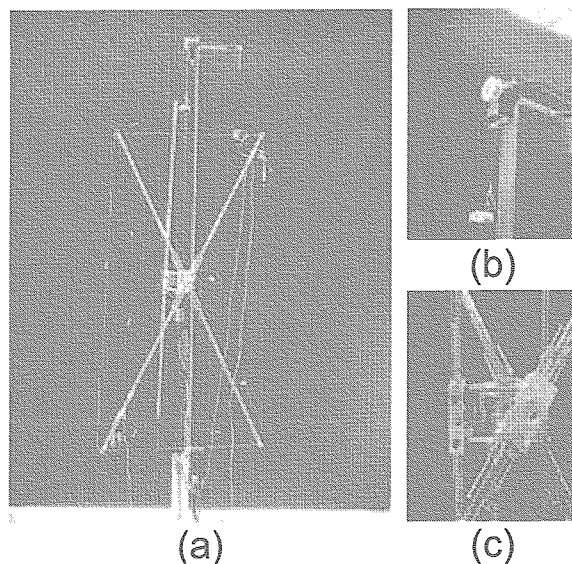


図 2：展開模型

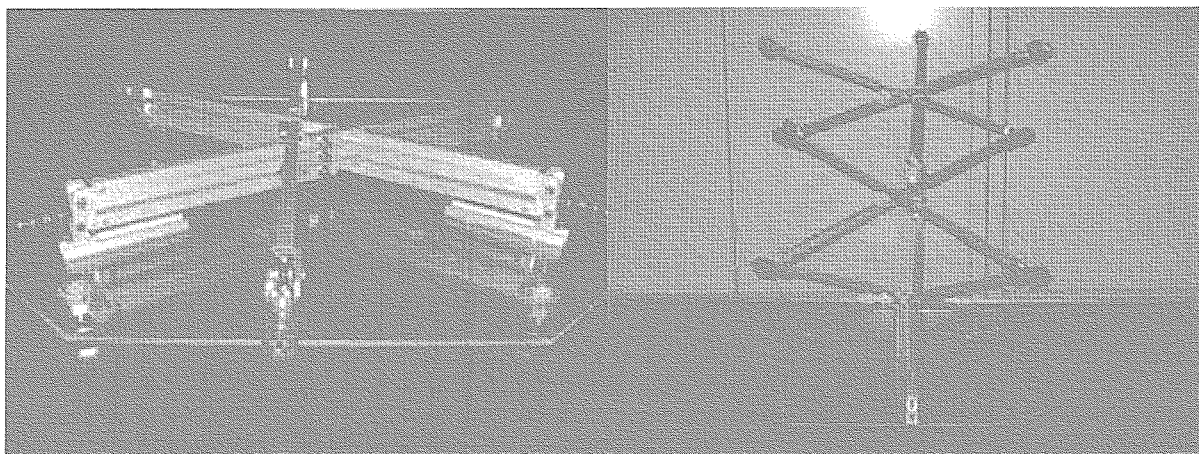
3.2 テンセグリティ方式展開構造物の試作

テンセグリティ方式展開構造物は畳まれた状態から、弦材を巻き取ることで、棒材を立ち上げて展開を進める（構造物鉛直方向に対する棒材の傾き ϕ を小さくすることで展開を進める）機構である。試作中のモデルを外観を図 3 に示す。

現段階では、弦材に定荷重を与え巻き取るための装置は設置していないので、まだ自動展開機構に

についての報告はできないが、構造的な観点では、比較的簡単な構造で多段式構造体の展開ができ、軽量化・収納性が求められる宇宙構造物として本構造様式が有効であると言える。

また、展開シミュレーション（図 4）を実施し、自己釣り合い状態を維持しながら展開が可能であることも確認でき、展開中に動力源を切り離しても、形状を維持することができ、展開式の大型構造物としても有効であることが分かった。



a) 折り畳み時

b) 展開時

図 3：テンセグリティ方式宇宙構造物の地上実験試作モデル

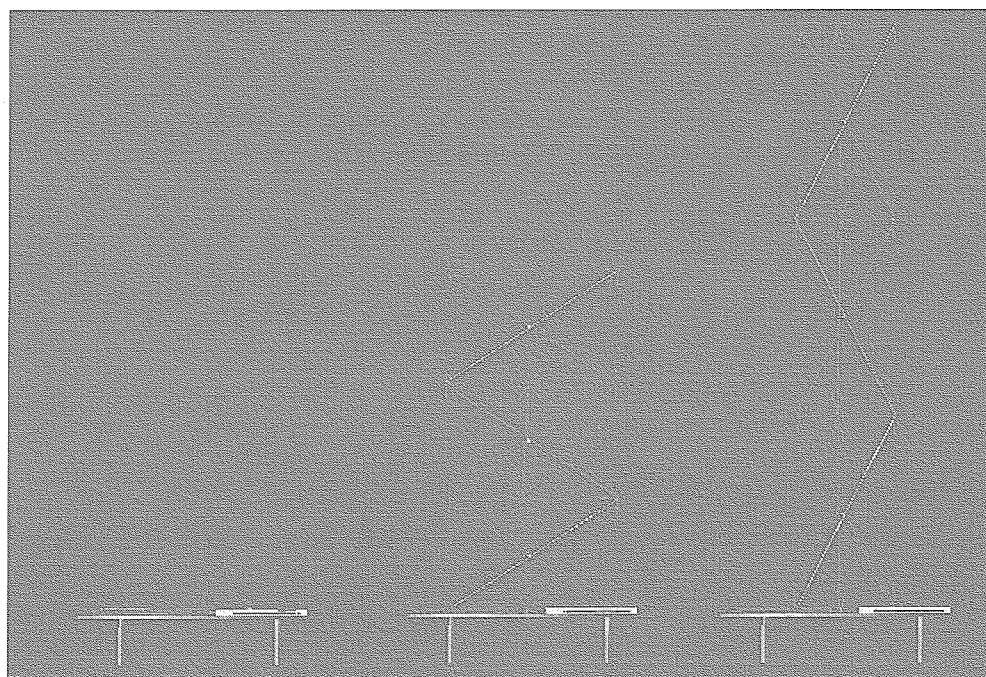


図 4：展開シミュレーション (MSC. ADAMS)

4. まとめ

現在の伸展マストに比べて同程度の収納性を持ち、比較的小さな機構により構造物が実現できたことから、概念は宇宙構造物として非常に有効であると考えられる。しかし、多くの問題点も未解決である。特に、低剛性の問題が挙げられる。圧縮力に耐えられない弦材を構成部材として使用しているのが主な原因であるが、展開後に弦材を硬化させることができれば、剛性を上げることが可能である。今後は剛性・振動解析などを考慮した、試作モデルによる実験、数値シミュレーションにより、実用化に向けさらに踏み込んだ研究を進めていく予定である。

5. 参考文献

[1]飯沼大, 小田光茂「テンセグリティモジュールの実用的展開機構の提案」第49回宇宙科学技術連合講演会、平成17年11月11日、講演番号3B0