

多軸自在継手を用いた可変構造体に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 本郷 研太

1. 研究概要

本研究の目的は、多軸自在継手を用いた可変構造体に関する研究を行う。多軸自在継手は一節点に複数軸が接続する節点において自在に回転運動が可能な継手機構である。多軸自在継手に関する既往研究では継手試作を行い、滑らかな挙動を実現したが、複雑な3次元形状の高精度な製作技術を必要とする為、量産が困難であった。したがって複雑な3次元形状の部材を必要としない継手機構の設計方法が必要となる。

可変構造体に関する研究において、多軸自在継手が持つ自由度を応用することで、より軽量で高剛性な構造体の構築を可能とする。張力安定構造は不安定なトラス構造体に張力を導入することで安定かつ剛性の高い構造体を構築できる。農業用ハウスのような簡易に製作し、耐風性能が必要な構造体への応用が期待される。

2. 研究の実施内容及び成果

本研究成果を 1)多軸自在継手の3Dプリンタによる模型製作, 2)球面リンク機構の平面展開, 3)多軸自在継手の機構運動の数値解析, 4)多軸自在継手の可変構造体ー張力安定構造ーの模型製作に分けて報告を行う。

1) 多軸自在継手の3Dプリンタによる模型製作

中間報告で報告を行った3Dプリンタで製作した継手モデルは、部材間の離間が生じ、満足いく挙動は得られていない(図1)。継手の構成は、ひとつの軸まわりに部材を構成する必要があり、部材が集中することで複雑な形状とならざるを得ない。

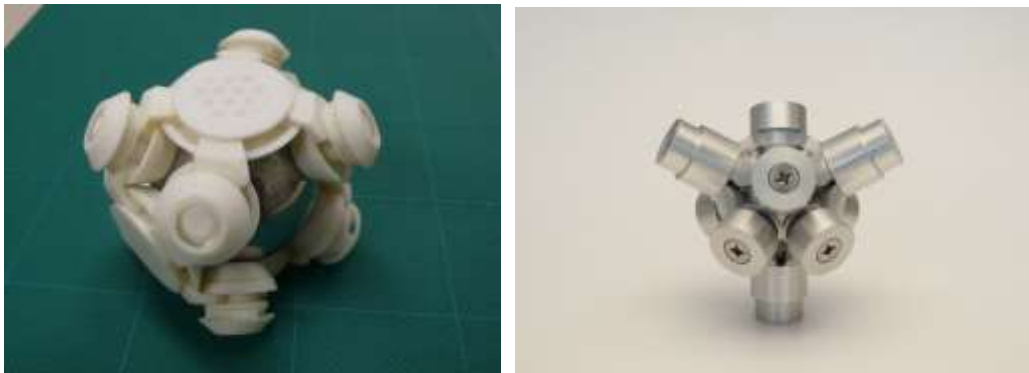


図1. 3Dプリンタ(左図)と金属製(右図)による多軸自在継手

高精度な製作を要求されることから、3Dプリンタによる製作精度では、現在の設計では満足いく挙動を実現することが困難であることが示唆された。

2) 球面リンク機構の平面展開

3D プリンタによる模型製作の結果から継手の設計方法を見直す為に、部材構成を変更する為の設計式を考案した。形態の安定・不安定を判別する式(Maxwell の公式)から多軸自在継手の自由度を算出し、新たな継手構成の判別に用いる。図 2 は、図 1 右の金属製の多軸自在継手と同様の軸構成を持つ球面リンク機構図を示している。3 次元空間で表現される判別式に球中心点からの距離を拘束することで、球面リンク機構が得られることから図 2 の左右の機構図は共に等価である。

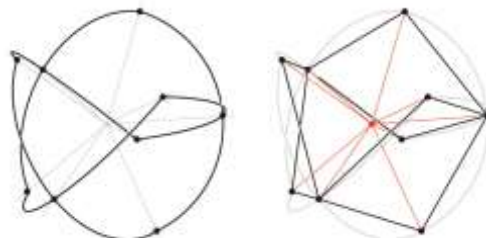


図 2. 多軸自在継手の球面リンク機構(左)とトラスによる 3D 等価モデル(右)

次に図 3 左の球面リンク機構図と図 3 右の平面の機構図も Maxwell の公式から同様に等価であることが導かれる。

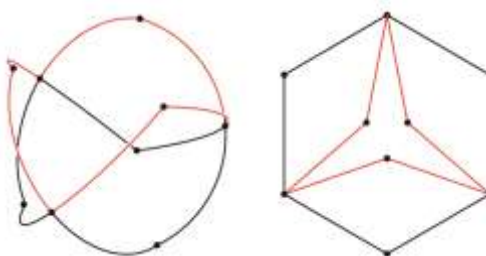


図 3. 多軸自在継手の球面リンク機構(左)と 2D 等価モデル(右)



図 4. 新たな構成の多軸自在継手

こうして、図 3 右図のように多軸自在継手の自由度を表す機構図が平面で表現できる。平面機構図より図 4 に示す構成は図 3 右の構成と同様である。ひとつの軸まわりを複数の小さな軸による構成とすることで、より単純な部材構成を可能とする。

3) 多軸自在継手の機構運動の数値解析

多軸自在継手の機構運動の数値解析が可能となれば、模型製作を経ずに継手の挙動を確認することができる。トラス構造の不安定機構の数値解析手法を応用することで、球面リンク機構の数値解析が可能となり、図 5 に示すとおり多軸自在継手の機構運動の有効性を確認した。

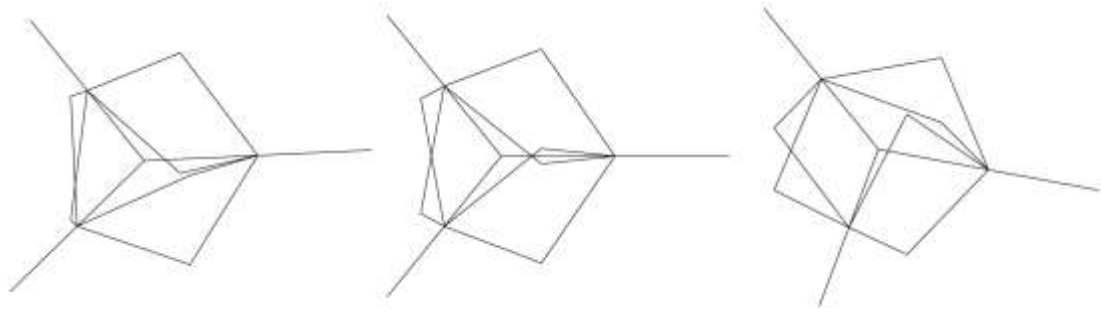


図 5. 多軸自在継手の機構運動の数値解析

4) 多軸自在継手の可変構造体—張力安定構造—

可変構造体の張力安定構造の数値解析や模型製作(図 6)を行うことで有効性を確認した。数値解析や模型を用いて農業用ハウス関連メーカーと接触を行い、関心を示された。



図 6. 張力安定構造の模型

3. 現状における課題、問題点

多軸自在継手については、複雑な部材を極力避け、簡易に製作できる部材による構成を考えており、図 4 に示す多軸自在継手はそのような構成を可能とする。さらに簡易な継手機構を考案、製作することで、製作性を考慮した実用化モデルに洗練させていく必要がある。可変構造体については、張力安定構造モデルの応力解析を実施したところ、支点における反力が大きくなる傾向があった。農業用ハウスのうち、ビニールハウスのような簡易な基礎構造のモデルでは応用が困難な面があるが、基礎を製作する中・大規模な農業用ハウスでは有用と思われる。

4. 今後の目標と展開

様々な企業の方と接触し、興味関心を持たれる方が多い中、コストが大きくなる面を危惧される場合が多く、安価な製作を可能とする多軸自在継手や可変構造の製作を中心に進展させていく予定であり、今回のR&D推進・研究助成事業により、本研究の継続的な発展の可能性を十分に得ることができた。