

# ハニカム構造を利用した変位拡大装置

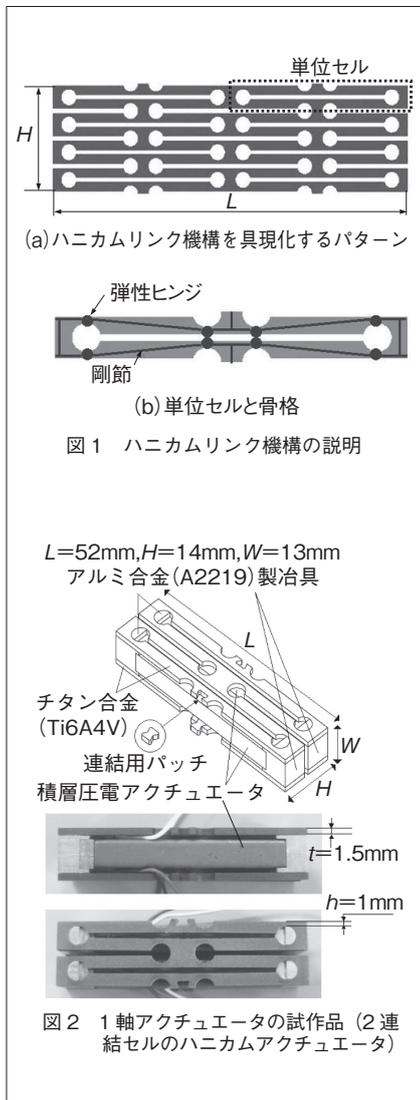


図1 ハニカムリンク機構の説明

$L=52\text{mm}$ ,  $H=14\text{mm}$ ,  $W=13\text{mm}$   
アルミ合金(A2219)製治具

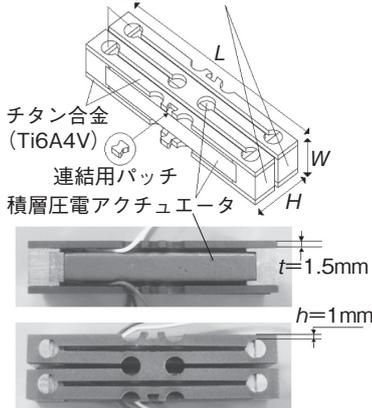


図2 1軸アクチュエータの試作品(2連結セルのハニカムアクチュエータ)

## 1. はじめに

正六角柱状のセルが規則正しく並んでできたハチの巣のハニカムは、二次元的なセル構造体の代表例である。ハニカムには種々のセル形状が存在する。その中でも、蝶ネクタイ状のへこんだ六角形セルからなるハニカムは、その面内の変形において興味ある特性を持っている。通常、板材を一方方向に引っ張るとその垂直方向には収縮が生じる。これに対し、へこんだ六角形セルからなるハニカムは、両方向に伸びが発生する。この特殊なハニカムの変形特性を応用して、圧電アクチュエータの変位を高効率で増幅できる変位拡大装置を開発した著者らの取り組みを

紹介する。

## 2. 変位拡大装置の必要性

電圧印加により変位を発生する圧電素子は、電源の低ノイズ化により容易にナノメートルあるいはサブナノメートルの変位分解能が得られる。さらに、高速応答、真空動作、省電力、高剛性などの特徴を有しており、精密位置決め装置に多用されている。たとえば、走査型プローブ顕微鏡のスキナ、電子顕微鏡内ステージ、宇宙衛星内での焦点調整などが挙げられる。

薄い圧電素子を多数積層したピエゾスタックや積層圧電アクチュエータは、比較的低い印加電圧でも大きな変位が発生できるため、圧電アクチュエータの主流となっている。しかし、最大変位は積層方向長さに対して0.1%程度と微小である。たとえば、長さ10mmのアクチュエータでは、わずか $10\mu\text{m}$ の最大変位である。顕微鏡用ステージやスキナでは $100\mu\text{m}$ 以上の変位が必要とされる場合も多い。もちろん単純に積層長を大きくすれば、それに比例して最大発生変位も大きくなるが、省スペースが必要とされる顕微鏡内位置決め装置や軽量化の要求される宇宙衛星内での利用などでは問題となる。

この問題の解決策として、圧電アクチュエータの変位を機械的に増幅する変位拡大装置が有効となる。従来から提案されている方式には、てこ式やだ円シユル式の装置があるが、ハニカムを応用した変位拡大装置は、より小型で大きな変位拡大を実現した。

## 3. ハニカムリンク機構に基づく変位拡大装置

セルの各辺を変形しないリンク(剛節)とし、さらにセルの各頂点を中心として面内回転を許すように頂点部を弾性ヒンジにしたリンク機構を設計し、ハニカムリンク機構と名付けた。これを具現化するものとして、図1のような丸穴とスリットからなる板状の変位拡大装置を提案した。丸穴の上下部が弾性ヒンジ、その他の部分が剛節

となっていて、その骨格はハニカム構造になっている。つまりこれでアクチュエータにより長さ方向(L方向)に変位を与えてやれば、それを高さ方向(H方向)に拡大できる。丸穴とスリットを周期的に繰り返すだけの単純なパターンなので加工も容易である。

図2は本変位拡大装置に積層圧電アクチュエータを組み込んだ1軸アクチュエータの試作品である。この試作品は、ハニカムリンク機構を有するチタン合金板を2枚用意し、その間に固定用のジグと積層圧電アクチュエータを挟むという方法で製作した。これは積層圧電アクチュエータが伸びると固定用ジグがチタン合金板を引っ張る仕組みになっている。本試作品に150Vの電圧を印加したときの高さ方向の変位(最大発生変位)は約 $410\mu\text{m}$ 、長さ方向の変位は約 $29\mu\text{m}$ である。セル1個当たりの変位拡大率は約7.1倍となる。また、本試作品では積層圧電アクチュエータ単体に比べ、セル1個当たり約5倍の変位が得られている。

X軸とY軸が互いに干渉しないXYステージも製作している。X、Yの各軸に対してそれぞれハニカムパターン板を直交させて上下に連結した。(外形 $84\text{mm}\times 90\text{mm}\times 26\text{mm}$ )容量型変位センサを内蔵し、コントローラにより閉ループ制御を行い、各軸約 $400\mu\text{m}$ の最大移動量で分解能 $10\text{nm}\sim 27\text{nm}$ (移動量に依存)の位置決め精度が実現できた。現在、同型のXYステージにおいて、小型高精度リニアエンコーダの採用により、全移動範囲で $10\text{nm}$ の位置決め分解能を達成している。本ステージは、著者が兼務している秋田県横手市のベンチャ(株)アクトラス(真田慎代表取締役)より発売を予定している。

(原稿受付 2008年9月29日)

[村岡幹夫 秋田大学]