

B11 圧電素子の耐衝撃特性に対する

衝撃負荷方向および荷重負荷の影響について

波多英寛 (熊本大学), 池田忠繁 (名古屋大学), 田中宏明 (防衛大学校),
小木曾望 (大阪府立大学), 石村康生 (JAXA), 岩佐貴史 (鳥取大学)

Hidehiro Hata (Kumamoto University), Tadashige Ikeda (Nagoya University),
Hiroaki Tanaka (National Defense Academy of Japan), Nozomu Kogiso (Osaka Prefecture University),
Kosei Ishimura (JAXA), Takashi Iwasa (Tottori University)

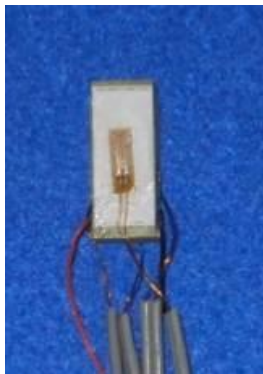
1. 緒言

高精度のアンテナシステムを実現するため、軌道上でアンテナ形状をコントロールする技術開発が行われており、圧電アクチュエータを利用したアンテナ形状のコントロールが検討されている⁽¹⁾。圧電アクチュエータに使われている圧電素子は脆性材料であるため、衝撃性能に対する評価が必要である。2013年度に実施した圧電アクチュエータの衝撃試験では、過剰な衝撃ではあるが衝撃を負荷後、駆動時に破損している⁽²⁾。また、2014年度に実施した圧電素子単体の衝撃試験においても、衝撃負荷後、駆動時に破損を確認している⁽³⁾。圧電素子には積層方向があり、これらの試験においては積層に対して直交方向に衝撃は負荷されている。また、圧電アクチュエータ内では荷重が負荷された状態で収納されている。これらの影響を検討するため、本論文では、圧電素子の耐衝撃特性に関連して、圧電素子の設置方向について、ベース面に対して縦置き（積層方向）、横置き（積層方向に直交）と変化させることで衝撃負荷方向の影響に関する検討し、また、実際の使用環境を想定した圧電素子に対する荷重負荷の影響について検討を行った。

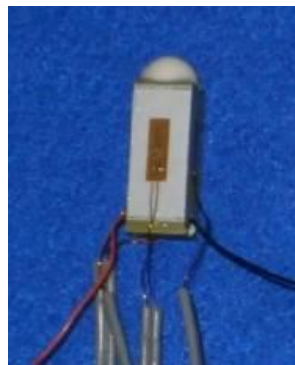
2. 実験装置・方法

2.1 試験対象物

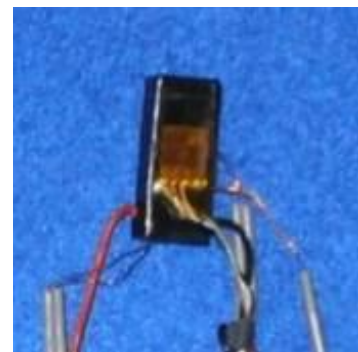
今年度用いた圧電素子を図 1(a), (b)に示す。また、図 1(c)に昨年度実施した圧電素子を示す。図 1の圧電素子（サイズ：7×7×20mm）は、製造の都合上、表面のコーティングが図 1(c)のエポキシ



(a) 今年度実施分



(b)今年度実施分（頭付）



(c)昨年度実施分

図 1 圧電素子

(厚さ 0.2mm) から図 1(a)のエポキシとアクリルの混合物 (厚さ 0.1mm) に変更されており、また、図 1(b)は端面での片あたりによる応力集中を防ぐために半球が取り付けられている。圧電素子にはひずみ計測のためにひずみゲージを貼り付けている。図 1 の圧電素子が 5 個連結した物が入っている圧電アクチュエータ (全長: 100mm, 直径: 15mm) を図 2 に示す。また、ひずみ計測のため、以前使用した圧電アクチュエータから圧電素子を取り出し、ひずみ計測用のダミー (アルミ片) に入れ替えた物を準備した。



図 2 圧電アクチュエータ

2.2 衝撃試験装置

今回用いた簡易式衝撃試験装置を図 3 に、打撃子とバネを図 4 に示す。図 4 に示す打撃子でバネを圧縮し、弾性力を解放することで図 3 中のベースプレートに面外方向 (天井方向) へ打撃し、ベースプレート上に固定されている試験対象物に衝撃が負荷される。衝撃力は打撃子 (バネ) の変更、バネの圧縮量で調整をし、アクチュエータの試験では小さいバネ、圧電素子の試験では大きなバネを用いる。また、加速度計測 (PCB 製 M350B21) を行い、SRS を求めることで衝撃力を評価する。

2.3 試験方法

ダミー試験片以外では、衝撃負荷前に LCR 計測 (日置電機製 IM3533) および変位 (ひずみ) 計測を行い、圧電素子の健全性を確認したのちに、ベースプレートに固定する。事前に圧電素子に荷重負荷する試験では、事前に計測していた目標荷重 (400N) でのひずみ値まで荷重を負荷し、圧電素子の全面を固定する。また、アクチュエータの場合は、横置きした物は 2014 年度で利用した治具(3)を使い、縦置きの場合には図 5 に示すように圧電アクチュエータの底部とベースプレートを固定した。衝撃負荷し、衝撃負荷中のひずみおよび加速度を計測する。衝撃負荷後、外観検査、LCR 計測および変位 (ひずみ) 計測を行い、駆動後再度外観検査、LCR 計測を実施する。圧電素子が破損しなかった場合は、衝撃力を上げ試験を繰り返し実施した。



図 3 簡易式衝撃試験装置



図 4 打撃子とバネ

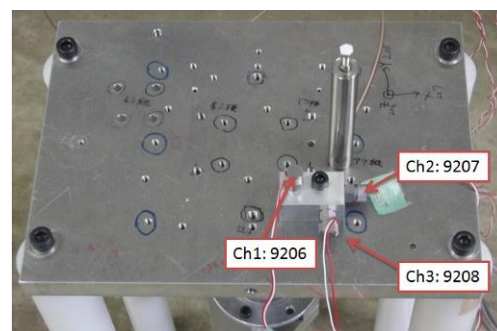


図 5 縦置した圧電アクチュエータ

3. 実験結果・考察

事前試験として、試験対象物を設置していない状態で大きなバネで実施した打撃結果の SRS を図 6 に示す。バネの圧縮量が増えるごとに SRS は上昇しており、面外方向で 1000Hz, 1000G 程度である。この衝撃を使って圧電素子に対する衝撃試験を行った結果、衝撃負荷方向および荷重負荷のどの場合でも圧電素子は破損しなかった。昨年度破損した条件と同様の衝撃レベル、固定方法でも、破損しなかったため、圧電素子の影響だと考えられ、今回用いた圧電素子で変更されていたコーティングによる影響の可能性がある。

衝撃負荷中のひずみ計測結果を図 7~9 に示す。図 7~9 より、衝撃負荷によりひずみが発生している。ひずみゲージが固定部と接触しているためノイズが大きく、正確には計測できていないが、荷重負荷した場合ひずみの変動している時間が長くなっており、事前の荷重負荷の影響が見られる。これは、事前の荷重負荷がない場合には、衝撃により圧電素子単体の振動になるのに対して、荷重負荷を加えていると治具および接触面の振動の影響を受けているからだと考えられる。アクチュエータに衝撃を負荷した時の LCR 計測結果を図 10 に示す。衝撃負荷後、C が明確に変化している。LCR 計測後、駆動させて変位計測を行ったところ異音を発生させ破損した。破損後、C は回復し、R が上昇している。これは、圧電素子内が破損せず、根元の部分で剥離したように破損していた影響ではないかと考えられる。ひずみゲージを貼ったダミーを用いてひずみを計測した結果を図 11,12 に示す。図 11 より、横置きの場合には上面と側面のひずみの値に大きな差があり、衝撃負荷方向に曲げが発生している可能性がある。尚、図 12 より、縦置きの場合は、横置きの側面と同程

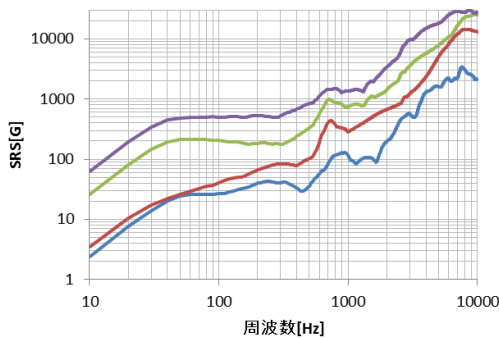


図 6 事前試験の衝撃応答スペクトル

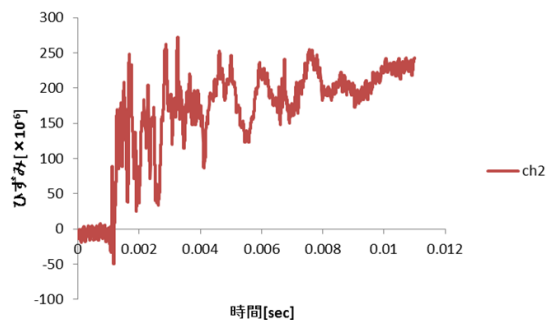


図 7 ひずみ履歴 (横置き荷重負荷)

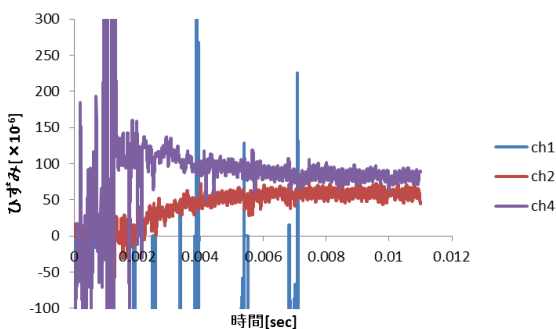


図 8 ひずみ履歴 (横置き荷重負荷なし)

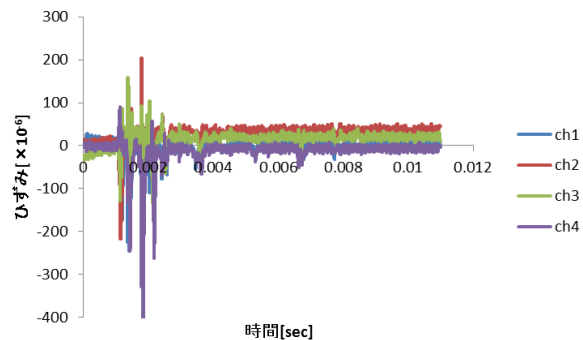


図 9 ひずみ履歴 (縦置き荷重負荷なし)

度であり，衝撃負荷方向には大きく変動していない。そのため，固定方法によっては，衝撃負荷方向の影響がある可能性がある。

4. 結言

本研究では，衝撃負荷方向および事前の荷重負荷の影響を調べるために，衝撃試験を実施した。ひずみ計測の結果，事前の荷重負荷および固定方法によっては衝撃方向の影響があり，また，圧電素子のコーティングが耐衝撃特性に影響を与える可能性があることを確認した。

参考文献

- (1) 田中宏明，坂本啓，石村康生，小木曾望，池田忠繁，渡辺和樹，及川祐，倉富剛，高精度アンテナシステムに向けたスマート形状可変鏡の開発（初期検討と試作），第 55 回構造強度に関する講演会講演集，p.133-135，2013
- (2) 波多英寛，田中宏明，池田忠繁，石村康生，圧電アクチュエータの振動・衝撃試験，第 56 回構造強度に関する講演会講演集，p.34-35，2014
- (3) 波多英寛，池田忠繁，田中宏明，小木曾望，石村康生，積層型圧電素子の耐衝撃特性評価，第 57 回構造強度に関する講演会講演集，p.117-118，2015

謝辞

本研究は，JAXA 宇宙科学研究所の戦略的研究開発費「大型高精度光学架台に関する研究」の一環として実施しました。また，試験場所を名城大学の仙場准教授に御提供頂きました。

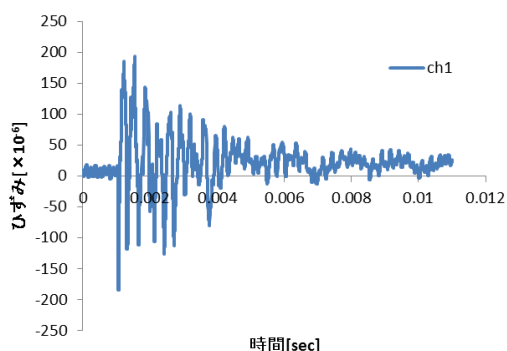
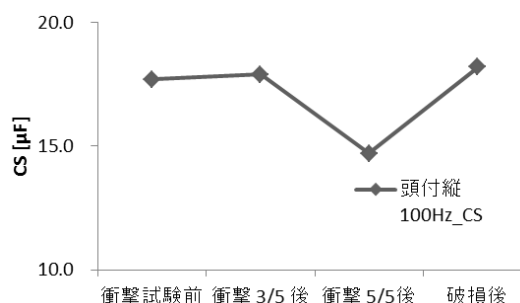
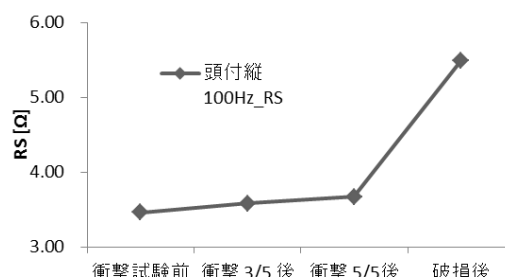


図 12 縦置きアクチュエータのひずみ計測

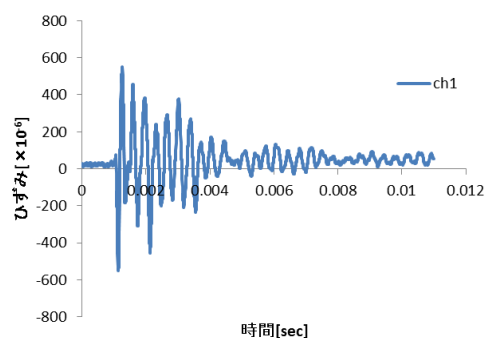


(a) C の計測結果

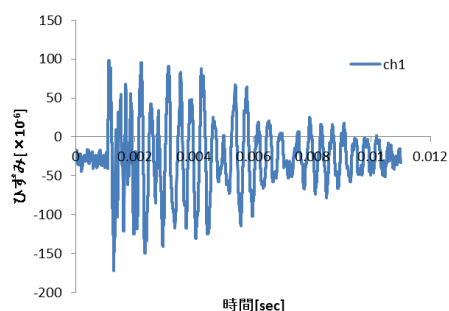


(b) R の計測結果

図 10 LCR 計測



(a) 上面



(b) 側面

図 11 横置きアクチュエータのひずみ計測