＝ 技 術 ノ ー ト ＝

TECHNICAL NOTE

振動試験実施上の一要留意点*¹ A Difficulty in Vibration Test Operation

小野田 淳次郎*²・富 沢 利 夫*²

Junjiro ONODA, Toshio TOMIZAWA

平 田 安 弘*²・今 沢 茂 夫*²

Yasuhiro HIRATA and Shigeo IMASAWA

Key Words: Vibration Test, Testing

Abstract

This note presents a difficulty encountered in random vibration testing of a satellite as well as the cause. The vibration testing system did not work because of intermittent unusual vibration of the shaker. It was found to be caused by a biharmonic signal introduced in the driving signal by "3 σ clipping" of narrow-band random driving signal because a resonance frequency of the mounting adapter and the shaker was twice an anti-resonance frequency and the resonance amplitude ratio was very large. The importance of careful design of mounting adapter was noted.

1. 序

本技術ノートは、筆者らが衛星の振動試験時に経験した試験実施上の不都合とその原因を報告し、今後の再発防止の一助としようとするものである。

2. 試験装置および試験の概要

試験装置は第1図のブロック線図で示すような構成であり、加振器上にアダプタを介して衛星を取り付け、ランダム振動で強度試験を実施しようとした。

3. 不都合の概要

振動試験を開始するとすぐに試験システムが「Control Signal Loss」で停止、すなわち衛星取付部の応答振動レベルの急激な低下を感知した振動試験システムが計測系の断線等の異常事態と判断して自動的に停止した。ただし調査の結果、計測系にはまったく異常は見られなかった。

4. 原因究明のための調査概要

現象は再現し、応答加速度には第2図に示すように時折1,400 Hzの大きな加速度が重畳していた。さらに振動制御系の3 σ クリッピング*をOFFとすると上記異常現象は現れないことが判明した。また、振動試験制御装置の駆動スペクトルはディジタル段階では第3図のとおりであり、制御装置からのアナログ出力のスペクトルは3 σ クリッピングOFFでは第4図破線のように第3図とほぼ一致するものの、ONでは同図実線のように1,400 Hzに小さなピークが出現することがわかった。3 σ クリッピングOFF時の加速度応答スペクトルは第5図のとおりであり制御は正常に行われている。

5. 原 因

第3図および第5図からわかるように（振動制御装置から加振器側を見た）伝達関数には700 Hz付近に大きなノッチがあり、結果として第3図に見るように駆動信号は700 Hzが支配的な狭帯域ランダム過程に近く、第6図最上段のような信号である。この駆動信号の上下限が制限されると700 Hzの倍調波が発生する。このとき第3図に見るように低周波成分もかなり大きいために駆動信号には大きなうねりがあり、3 σ クリッピングが生じるときに短期的には直流成分があるに等しく、クリッピングは正側と負側で不均等に生じることもあり2倍調波すなわち1,400 Hz成分も第

* ランダム出力すなわち駆動信号（時間領域へ変換後）の絶対値をRMS(σ)の3倍に制限する機能。±3 σ を逸脱するものは±3 σ に修正された後でD/A変換され、ローパスフィルタに通される。ハードウェア保護等の目的で通常用いられる。

*¹ 昭和62年3月28日原稿受理

*² 宇宙科学研究所

第1図 振動試験装置概要

第2図 駆動信号および応答信号の一例

第4図 アナログ段階での駆動パワースペクトル密度
実線：3σクリッピングON時、破線：3σクリッピングOFF時

第3図 デジタル段階での駆動パワースペクトル密度

第5図 応答パワースペクトル密度 (3σクリッピングOFF時)

6図中段のように生じる。この1,400 Hz成分が先に述べた制御駆動信号(アナログ)に見られた1,400 Hzのピークであろう。この1,400 Hzは700 Hz成分に比べればきわめて微弱なものであるが、伝達関数は(第3図および第6図からわかるように)1,400 Hzに大きなピーク(アダプター系を含む共振点)をもっているために1,400 Hzの振動がきわめて大きく励振さ

第6図 異常振動発生メカニズム

れて第6図下段のように成長する。しかし上述の 3σ クリッピングはすぐに終わるので駆動信号中の1,400 Hz成分の発生もすぐに終わり、1,400 Hzの振動も減衰する。その結果第2図のように間欠的な異常振動が発生して振動制御装置が「Control Signal Loss」と判断したものと考えられる。

上記現象は、実測の伝達関数等に基づく数値シミュレーションによっても確認された。ただし、試験時の 3σ クリッピング発生頻度は数値シミュレーションに比べて有意に高いので、この点に関しては引き続き検討中である。

6. 考 察

駆動信号が狭帯域でなければ 3σ クリッピングで発

生する「ノイズ」は広帯域に分散されて影響は無視できよう。また、今回のように特定の周波数に「ノイズ」が集中した場合でも、これが共振点(伝達関数ピーク)と一致しなければ今回のような結果にならないだろう。したがって、今回発生した不都合の原因は伝達関数に深いノッチの周波数の整数倍の位置に、高いピークがあったためといえよう。上記の場合は 3σ クリッピングOFFとすることにより試験実行できたが、ハードウェアによるクリッピングは避けられず、試験機能力上限付近での試験の場合、あるいは、上記のノッチおよびピークがより深く、高い場合にはクリッピングをOFFとしても同様の現象が現れうるので、当然のことながらアダプター類の設計製作は注意深く行う必要があると再認識すべきであろう