

実装印刷配線板信頼性に関する研究

(第 四 報)

—— 振動に関する研究 ——

中部エレクトロニクス振興会
技 術 委 員 会
第 一 分 科 会

平成 3 年 3 月

実装印刷配線板信頼性に関する研究

技術委員会研究報告書第四報発行に当たって

中部エレクトロニクス振興会
技術委員会
委員長 水谷集治

現在、中部エレクトロニクス振興会の会員数は160社です。会員企業間の情報交換のみならず、共通技術の導入や課題解決のための研究、さらには製品の販売拡大など、当会の活動が中部地区のエレクトロニクス事業の振興を図る上で、大いに役だっています。

技術委員会は、当会において大きな位置を占めています。委員会の目的は、会員企業が抱えている基本的な共通問題について公的機関のご指導、ご協力を得て共同研究し、その成果を生かして、技術力の向上を図ろうとするものです。

技術委員会は4つの分科会から構成されています。それぞれのテーマは、振動、熱衝撃試験法、はんだ付け及び表面実装基板の信頼性です。各分科会は毎月研究会を開催し、参加メンバーによる熱心な研究が続けられています。そして、その成果は、研究が一段落したところで、報告書としてまとめられて発行されてきました。

今回は、第四報で、「振動に関する研究」です。本テーマの研究は、第一分科会が行ってきたもので、昭和63年6月より始められ、前回の第三報でも成果の一部が報告されています。

本報は(1)振動と部品の破損、(2)振動計測と分析、(3)製品についてのシミュレーションの3部からなり、その中には、ユニークな提案もあり、皆様の業務に大変参考になるものと思います。中でも、全日空のご協力により実現できた航空機における振動の実測は大変貴重なものです。大いにご活用下さい。

技術委員会は、今後も活発に活動して参ります。そのことが参加企業の技術力のレベルアップにとどまらず、当地区のエレクトロニクスのより一層の発展に寄与できるものと考えます。皆様の変わらぬご理解とご支援を、今後とも宜しくお願い致します。

終わりに、本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた眞野國夫先生、そして愛知県工業技術センター及び名古屋市工業研究所の先生方に心からお礼を申し上げます。

目 次

I はじめに

- I-1 概要 …… 1
- I-2 Gセンサー校正試験 …… 2
 - I-2-1 実験装置 …… 2
 - I-2-2 確認試験の方法 …… 3
 - I-2-3 試験条件 …… 3
 - I-2-4 試験結果 …… 3
- I-3 データ解析 …… 5

II 実測・解析結果

- II-1 自動車走行時の実振動測定実験 …… 8
 - II-1-1 実験装置 …… 8
 - II-1-2 実験方法 …… 8
 - II-1-3 実験条件 …… 10
 - II-1-4 解析結果 …… 10
 - II-1-5 まとめ …… 15
- II-2 列車の振動測定 …… 19
 - II-2-1 実験装置 …… 19
 - II-2-2 実験方法 …… 19
 - II-2-3 実験条件 …… 20
 - II-2-4 解析結果 …… 21
- II-3 航空機貨物室の実振動測定 …… 30
 - II-3-1 実験装置 …… 30
 - II-3-2 実験方法 …… 30
 - II-3-3 実験条件 …… 31
 - II-3-4 測定システム …… 31
 - II-3-5 結果 …… 32
 - 1. 解析方法 …… 32
 - 2. 解析結果 …… 33
 - II-3-6 まとめ …… 43
- II-4 船舶における航行中の振動 …… 44
 - II-4-1 実験装置 …… 44
 - II-4-2 実験方法 …… 44
 - II-4-3 実験条件 …… 45
 - II-4-4 実験結果 …… 45
- II-5 手押し台車による運搬実験 …… 50
 - II-5-1 実験装置 …… 50
 - II-5-2 実験方法 …… 50

II-5-3 実験条件 …… 51

II-5-4 実験結果 …… 52

III ランダム振動による電子部品破壊試験

III-1-1 概要 …… 73

III-1-2 実験装置 …… 73

III-1-3 実験方法 …… 74

III-1-4 実験結果 …… 74

IV エネルギー換算の基本的考え方

IV-1-1 基本概念 …… 80

IV-1-2 等価エネルギー変換の実際 …… 81

V 振動シミュレーション

V-1-1 シミュレーション手順 …… 84

V-1-2 実験装置 …… 87

V-1-3 実験方法 …… 87

V-1-4 実験条件 …… 87

V-1-5 実験結果 …… 88

VI むすび …… 89

あとがき …… 90

付録 …… 91

実験装置・計測器一覧 …… 101

I はじめに

I-1. 概要

電子装置の主要構成要素である実装印刷配線板は、電子装置の小型化および高機能集積化が進むなかで、その利用範囲は益々拡大し、信頼性の面でも常に新たな対応を迫られている。

振動に関する信頼性の面では、その電子装置がどのように造られ、どのように扱われるかが重要であり、言い方を代えれば、耐用寿命期間中にその電子装置や電子部品が受けるであろう振動ストレスを知りそれに耐え得る設計、そして評価方法が重要と我々は考えました。

実装印刷配線板信頼性に関する研究 第三報 (S63年3月) では、振動による疲労破損は、プリント基板に取付けられた部品の接合部位の金属疲労に起因すると考え、MINER氏の線形損傷蓄積の仮説が当てはまるとし、自動車による輸送振動、台車による搬送振動、落下による衝撃、稼動時の振動、ウォータハンマによる衝撃等のデータを取り、このデータから対象とした製品が耐用寿命期間中に受けるストレスを計算した。また数種類の部品に正弦波振動を掛けてGの大きさと疲労破損の関係を調べ、Gに対する加速係数を求め、この加速係数を使い、振動試験を試みた事を報告した。

今回の報告は、実装印刷配線板が置かれる振動環境の多くがランダム振動環境である事から、ランダム振動試験の方が実質的と考えて実施した結果である。

振動データとしては、航空機、船舶、列車の振動を新たに取り、また自動車の振動、台車の振動について周波数帯域を広げて取り直し、スペクトル分析や、頻度解析を行ない、データベース化を進めた。

ランダム振動試験に因り、Gの大きさと疲労破損の関係を数値化するために、数種類の部品を破壊試験し、Gに対する加速係数を求めた。そして先に述べたデータベース上で、どのような振動試験をすればよいか計算できるシステムを試作してみた。

軽自動車用電気制御器 (以下ECU) のランダム波による振動試験では、航空機輸送1H、1フライトと自動車実走行10万キロメートルを仮定し、このシステムで計算した振動試験仕様で、全く異常なかった。破損が起きるまで加振した場合では、15~20万キロメートル相当のところではタンタルコンデンサーが、また、22~25万キロメートル相当の所で電解コンデンサーが脱落した。これ等データと実車でのデータと比較検討できることが望まれる。

I - 2. G センサ校正試験

この試験は、実験に用いた各G センサの出力特性を確認するために行った。

I - 2 - 1 実験装置

振動試験機	: VS - 3203	IMV 製
G センサ	: 4393 (4セット)	B & K 製
	: 710 - A (6セット)	EMIC 製
	: EFP - G01A02 (1セット)	松下電子部品製
G センサ校正器	: 4294	B & K 製
チャージアンプ	: 2635 (4セット)	B & K 製
	: 601 - A	EMIC 製
データレコーダ	: RD - 111T	TEAC 製

実験に用いるG センサの外形・内部構造・規格は以下の通りである。

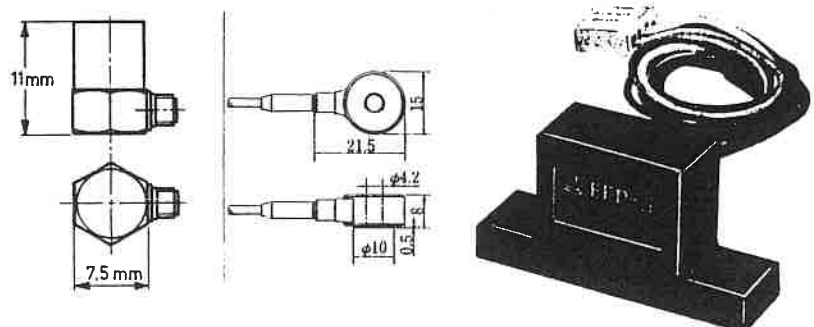
表 I - 2. 1 G センサ規格

型 式	素 子	構 造	感 度	共振周波数	使用周波数範囲
B & K4393	圧電型	デルタシェア	0.312pC/m/s ²	55kHz	0.1Hz~16.5kHz
EMIC710 - A	圧電型	環状シェア	2.0pC/G	60kHz	0.5Hz~20kHz
EFP - G01A02	圧電型	片持ち梁	12.5mV/G	3kHz	3Hz~1kHz

型 式	使用最大加速度	使用温度範囲	寸 法	重量
B & K4393	5000m/s ²	- 74℃~250℃	11mm, φ 7.5mm	2.2g
EMIC710 - A	1000G	- 50℃~160℃	5.5mm, φ 7.5mm	1.1g
EFP - G01A02	100G	0℃~65℃	D8, H16, w30mm	5.2g

図 I - 2. 1 G センサの外形

- 左図 B & K4393
 中図 EMIC710 - A
 右図 松下電子
 EFP - G01A02



試験における試験機・計測器の配置は、図2.2に示す。

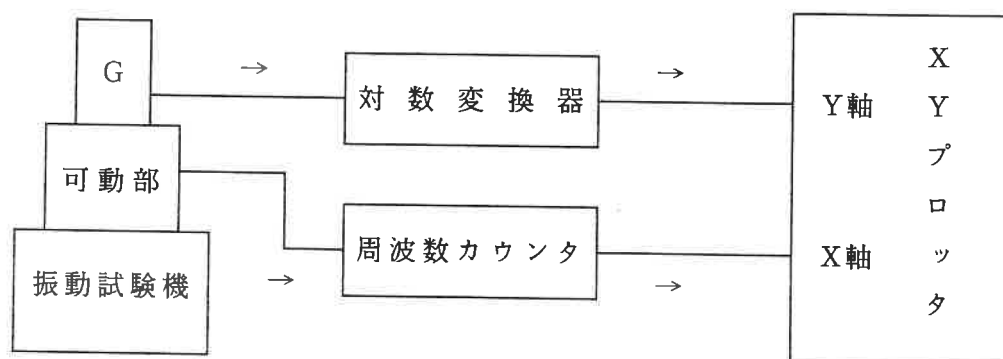


図 I - 2. 2 試験機・計測器配置図

I - 2 - 2 確認試験の方法

使用する11個のGセンサについて、以下の項目で特性を調べた。

- 1) 周波数特性……定加速度周波数掃引試験
- 2) 分離特性……横揺の縦揺に対する影響度測定試験
(垂直水平感度比)

I - 2 - 3 試験条件

- 1) 周波数特性 (定加速度周波数掃引試験)

一定加速度を1G_pとし、周波数範囲が5Hz~2kHzを片道6分で対数掃引させ、その出力を対数変換器を通してX-Yプロッタ上に記録した。

- 2) 分離特性 (横揺の縦揺に対する影響度測定試験)

Gセンサは、測定方向の縦揺れに対する信号を出力するのであるから、測定方向に対し直角方向となる横揺れの出力は一種のノイズとなるため、無いことが望ましい。しかしながら現実には存在するため、その影響度を測定することが必要である。

この測定は(1)の実験時に記録した加振方向に取り付けていないセンサの出力を用いた。出力を対数変換器を通して、その出力を(1)で用いた記録紙に重ね書きすることにより、縦揺れと横揺れのS/N比を求めることとした。

I - 2 - 4 試験結果

- 1) 周波数特性 (定加速度周波数掃引試験)

B & KおよびEMICのGセンサについては、2kHzまでは十分なフラット特性があり、今回の実験に要求される条件を満足していると考えられる。

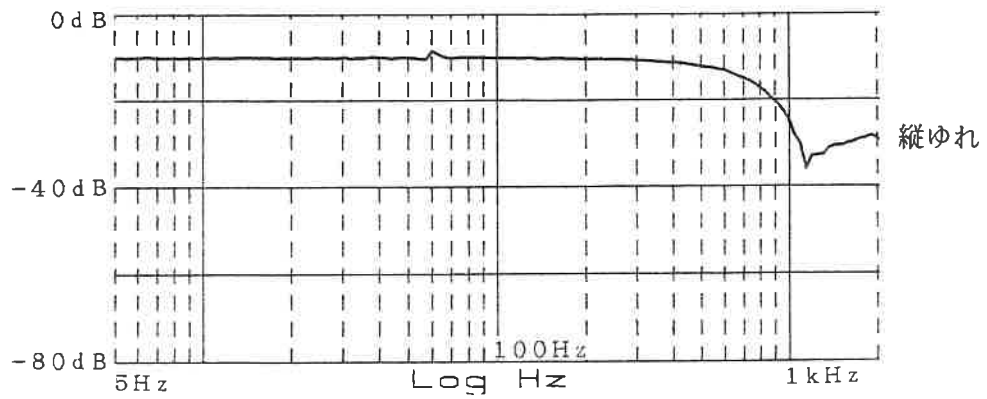
松下電子部品のGセンサについては、3kHzに共振ポイントがあるため、ローパスフィルタを直結にしたシステムで出力を測定した。使用周波数の1kHzまでは十分なフラット特性を示していた。

- 2) 分離特性 (横揺の縦揺に対する影響度測定試験)

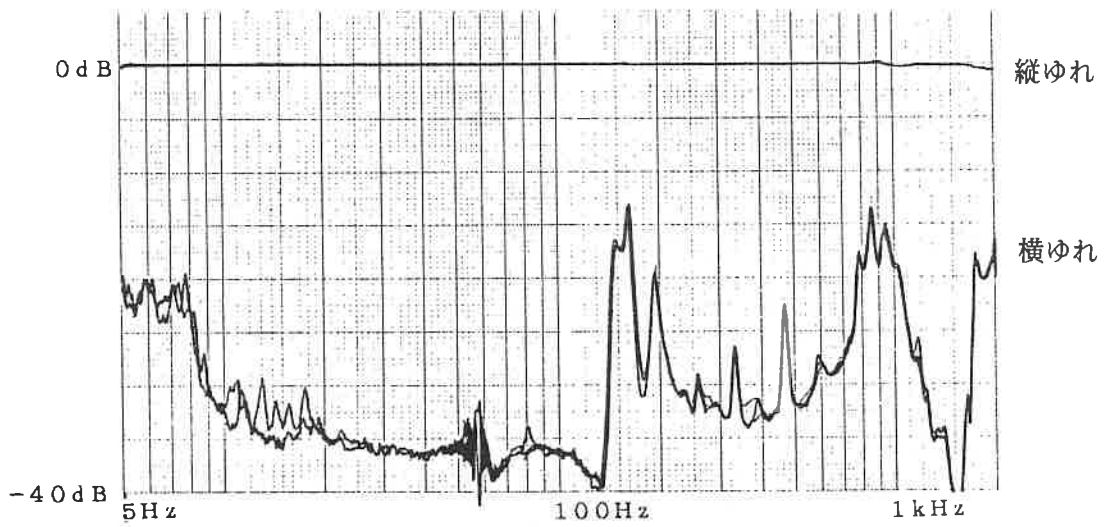
どのセンサも分離特性は使用周波数範囲において約15dB以上の比を持ち、センサの精度から考えて、今回の実験には十分に役立つと判定する。結果の一部として、各メーカーについて用いた

G センサの出力結果の一例を下図に示す。

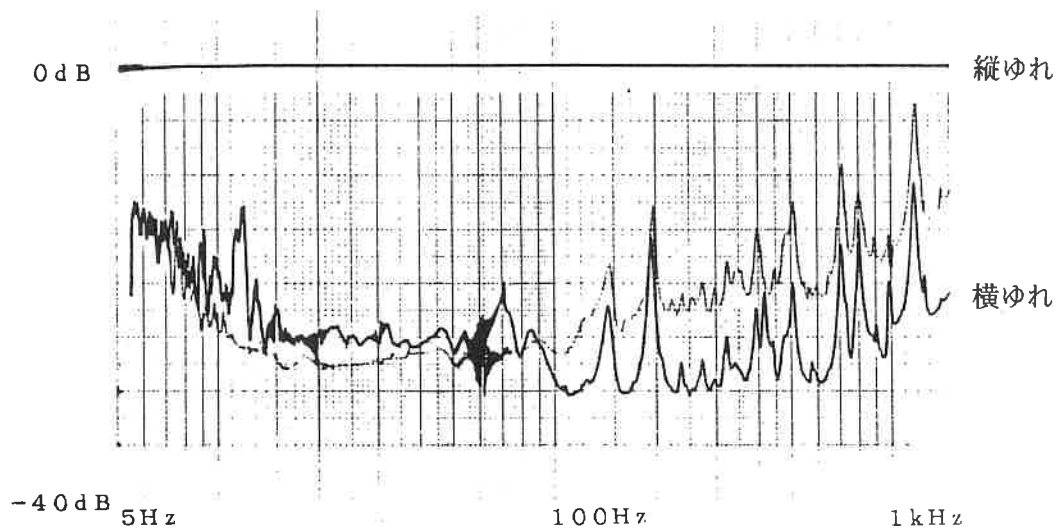
図 I - 2. 3 G センサの出力特性 (縦軸 : G 出力、横軸 : 周波数、両対数軸)



松下電子 EFP - G01A02



B & K 4393



EMIC710 - A