

技術紹介

6

一般産業機器向けローコスト加速度計の開発

Development of the cost-effective accelerometer for industrial applications

本木 裕之 Hiroyuki Motoki 航機事業部 第二技術部 マネージャー

若本 達哉 Tatsuya Wakamoto 航機事業部 第二技術部 主任

キーワード: 加速度センサ、ローコスト、産業機器向け

Keywords: Accelerometer, Low-cost, for Industrial equipment

要 旨

当社では長年、高精度な計測が可能な、クォーツタイプのサーボ型加速度センサをラインナップしてきましたが、MEMS 加速度センサの台頭もあり、サーボ型加速度センサの市場でも、価格競争力のある製品が求められています。

当社のこれまでの製品開発の経験を元に、シミュレーション（磁気解析、応力解析等）を駆使し、製品性能は維持したまま、部品点数の削減や部品形状の簡略化を図り、ローコストの一般産業機器向け加速度計 JA-80GA を開発しました。

本稿では、ローコストの一般産業機器向け加速度計 JA-80GA の開発概要についてご紹介いたします。

SUMMARY

JAE has been offering a lineup of the quartz-type servo accelerometers that enable highly accurate measurements. There is a need for products that are cost-effective even in the market for servo accelerometers, by the rise of MEMS accelerometer.

Based on our experience in product development, we have utilized simulations (magnetic analysis, stress analysis, etc.) to reduce the number of parts and simplify the shape of parts while maintaining product performance, resulting in a cost-effective accelerometer.

This paper introduces the outline of development of the cost-effective accelerometer JA-80GA.

1. はじめに

サーボ型加速度計は、地震観測網向けの振動計測、半導体製造装置の制振、鉄道車両の傾斜制御など様々な用途に使用されており、当社のサーボ型加速度計も半導体製造装置向けや地震観測網向け振動計測用途として採用されています。これまで当社では、超高精度な計測（ $1\mu\text{G}$ の加速度検出が可能）を特長としておりますが、一般産業機器向け市場におけるセンサのローコスト化が強く求められています。今回、シミュレーションを駆使し、分解能・ノイズなどの製品性能を維持したまま、部品点数の削減や部品形状の簡略化を図り、ローコストの一般産業機器向け加速度計 JA-80GA を開発した概要と特長について紹介いたします。

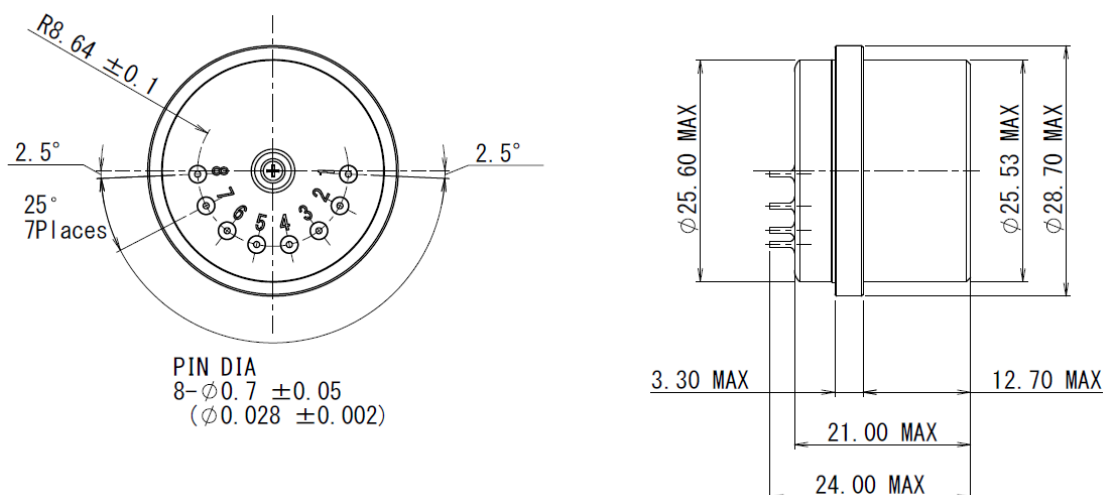


図 1. 一般産業機器向けローコスト加速度計 JA-80GA 外観

2. 製品仕様

今回開発した一般産業機器向けローコスト加速度計 JA-80GA の基本仕様を表 1.に示します。

表 1. JA-80GA 加速度計 仕様

| 項目 | | 仕様値 |
|--|--------------|---------------------------------------|
| 基本性能 | | |
| 計測範囲 | | ±30 G 以上 |
| 自己ノイズ (@1~30 Hz) | | 0.7 $\mu\text{G}/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下 |
| 分解能 | | 1 μG 以下 |
| 感度 | ノミナル値 (25°C) | 1.33 mA/G ±10% |
| | 温度係数 (25°C) | ±180 ppm/°C 以内 |
| | 1 年安定性 | ±1,200 ppm 以内 |
| 零点不平衡 | ノミナル値 (25°C) | ±8.0 mG 以内 |
| | 温度係数 (25°C) | ±70 $\mu\text{G}/^\circ\text{C}$ 以内 |
| | 1 年安定性 | ±1200 μG 以内 |
| 環境 | | |
| 温度範囲 | | -55°C~+96°C |
| 耐振動 | | 25 G _{0-p} |
| 耐衝撃 | | 250 G |
| 外形寸法 | | Φ28.70 x 24.00 mm |
| 質量 | | 50 グラム以下 |
| 外観図  <p>Top view dimensions: R8.64 ±0.1, 2.5°, 25° 7Places, PIN DIA 8-Φ0.7 ±0.05 (Φ0.028 ±0.002).</p> <p>Side view dimensions: Φ25.60 MAX, 3.30 MAX, 21.00 MAX, 24.00 MAX, 12.70 MAX, Φ25.53 MAX, Φ28.70 MAX.</p> | | |

3. 製品構成

図 2.に示す通り、サーボ型加速度計は、次の 3 部位で構成されています。

- 質量部 : 加速度を感知
- 検出部 : 質量部の動きを検出可能な形態に変換
- トルカ部 : 質量部を常に同じ位置に制御

質量部の変位を検出部により電氣的信号に変換した後、その信号を用いてトルカ部により復元力が発生し、質量部を常に同じ位置にいるように制御しています。復元力を発生させるために用いた電気信号は加速度に対応しているので、これを読み取ることにより加速度が検出できます。一般に、このような物体の位置制御のためのフィードバック機構をサーボ機構と呼び、サーボ機構を含む加速度計をサーボ型加速度計と呼びます。JA-80GA 加速度計では、質量部にクォーツを使用すると共に、フレクチャヒンジ型と呼ばれる、材料そのもののバネ性を利用して振子を支持するヒンジ部（支点）を持っています。エラー（零点不平衡）を最小限に抑えるため、このヒンジ部は非常に薄く加工する必要があります。今回、トルカ部の復元力の調整には磁気シミュレーションを駆使し、製品性能を維持したまま、部品点数の削減と部品形状を簡略化し、ローコスト化を達成しました。

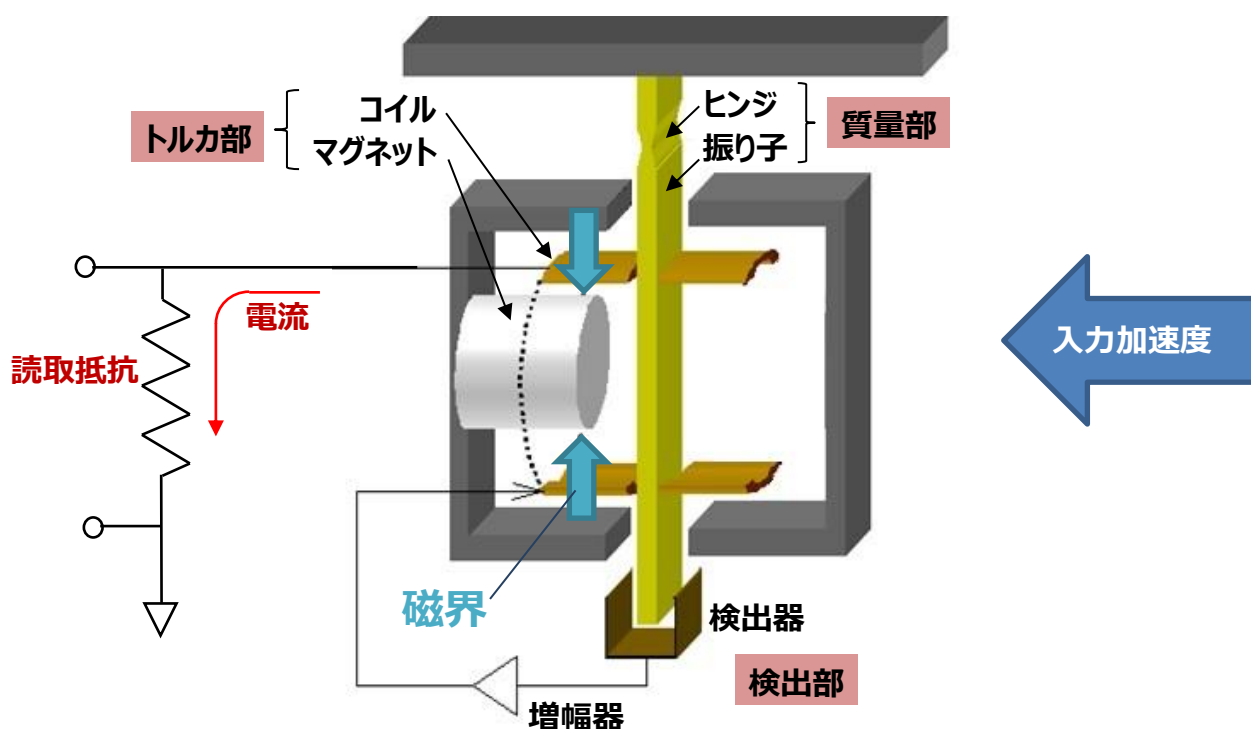


図 2. サーボ加速度計 原理図

4. 製品性能

4.1 計測範囲・感度温度特性・ノイズ特性

製品性能を維持したまま、図 3、図 4 に示すように磁気回路のシミュレーションにて、磁気回路の構成部品の部品削減・形状簡略化を実現しました。シミュレーションで、最も重要な観点は、シミュレーターで使用するパラメータと実品との乖離を如何に小さくするかであり、これにより、シミュレーションの良否が決まります。今回のシミュレーションでは、長年の加速度計開発で培った経験とノウハウをパラメータとして盛り込むことを行い、シミュレーション精度の向上を図ったことにより初回試作品製作のみで、やり直しを行うことなく、図 5～図 7 に示すように各種の製品性能要求を満足する加速度計の製作を達成することができました。

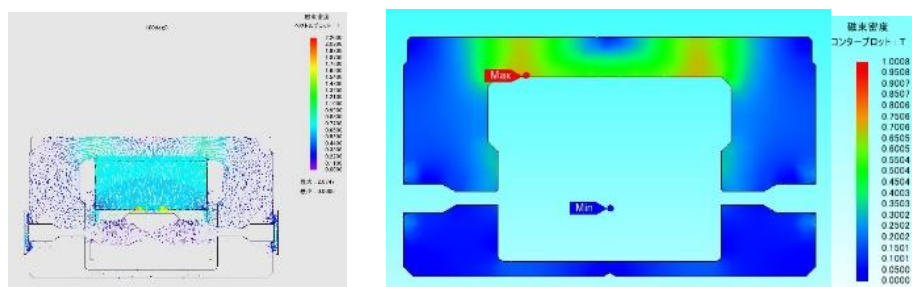


図 3. 磁気回路の磁気シミュレーション解析例（室温時）

| | 25°C | 50°C | 75°C | 100°C |
|-----------------|------|------|------|-------|
| 磁束分布 ベクトル図 | | | | |
| 磁束密度分布 コンター図 | | | | |

図 4. 磁気回路の磁気シミュレーション解析例（温度印加時）

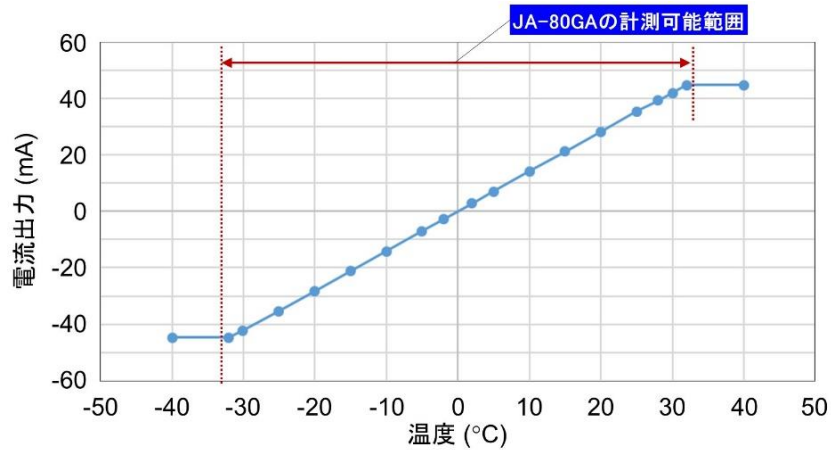


図 5. 計測範囲 (初回試作品 実測データ代表例)

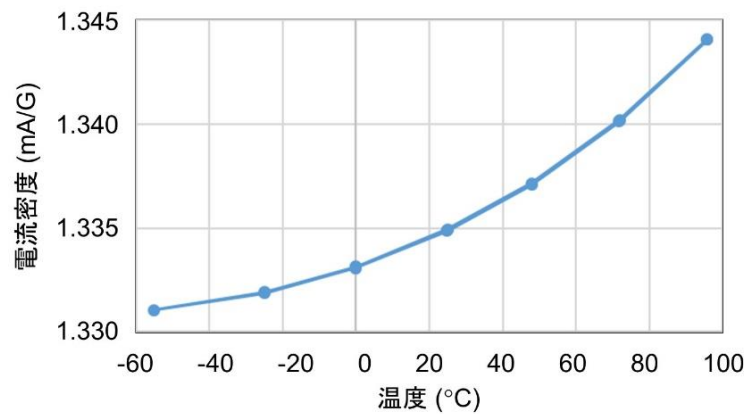


図 6. 感度の温度特性 (初回試作品 実測データ代表例)

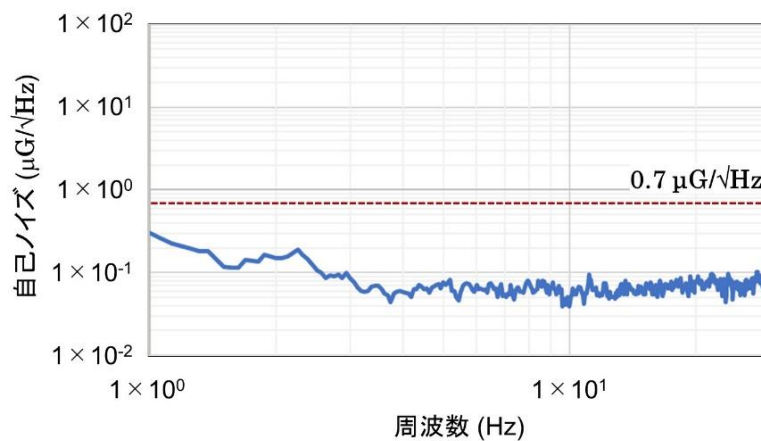


図 7. 自己ノイズ (初回試作品 実測データ代表例)

4.2 耐振動性能

JA-80GA は、耐振動性能が要求されるアプリケーションにも搭載可能であることを確認するために、振動試験により、耐振動性能の確認も実施しています。振動試験機（図 8）によりランダム振動パターン（図 9）を印加し、振動印加前後での零点不平衡トレンド（図 10）を確認しました。



図 8. 振動試験機

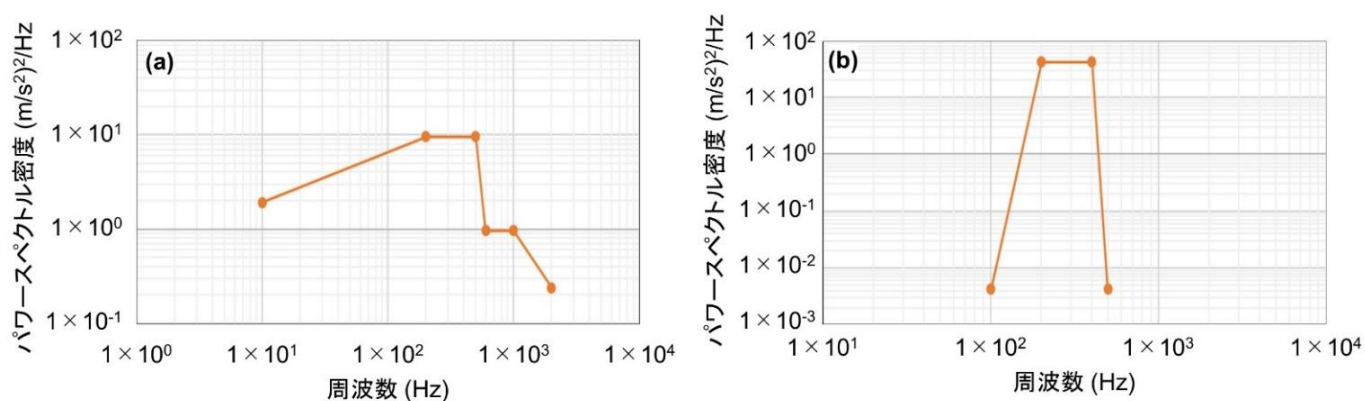


図 9. ランダム振動パターン
(a) FT-Vib, (b) HEFT-Vib

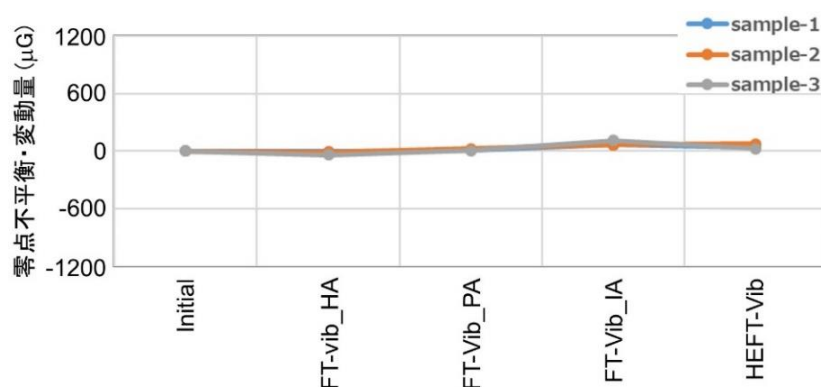


図 10. 振動印加による 零点不平衡トレンド

5. まとめ

今回、製品性能を維持したまま、部品点数の削減・部品形状の簡略化により、ローコストな一般産業機器向け加速度計を開発することができました。

今後は、振動制御におけるキーセンサである一般産業機器向け加速度計を製造・供給してきたセンサ・メーカーの強みを生かしつつ、幅広い市場の要求に応じながら、更なるローコストサーボ加速度計の製品化をしていきたいと考えております。