

6 小型ワイドレンジ加速度計(JA-26)の開発

Development of Miniature and Wide-Range Accelerometer (JA-26)

相座 明俊 Akitoshi Aiza 航機事業部 第二設計部 主任
山本 修一 Shuichi Yamamoto 航機事業部 第二設計部

キーワード：加速度計、計測範囲、振動感度

要 旨

当社は、ワイドレンジ型（すなわち、広い計測範囲を持つタイプ）のサーボ加速度計として JA-5SW（ $25.4\text{mm} \times 18.8\text{mm}$ ）を現在提供しています。このたび、ワイドレンジ型の新しいサーボ加速度計として、体積を JA-5SW の半分以下とすることを狙った、JA-26（ $18.7\text{mm} \times 16.1\text{mm}$ ）の試作に成功した。

SUMMARY

JAE has been supplying wide-range (wide measurement range type) servo accelerometer JA-5SW ($\phi 25.4\text{mm} \times 18.8\text{mm}$). As an enhanced version of JA-5SW, we successfully developed a prototype of JA-26 ($\phi 18.7\text{mm} \times 16.1\text{mm}$) aimed at reducing its volume by half.

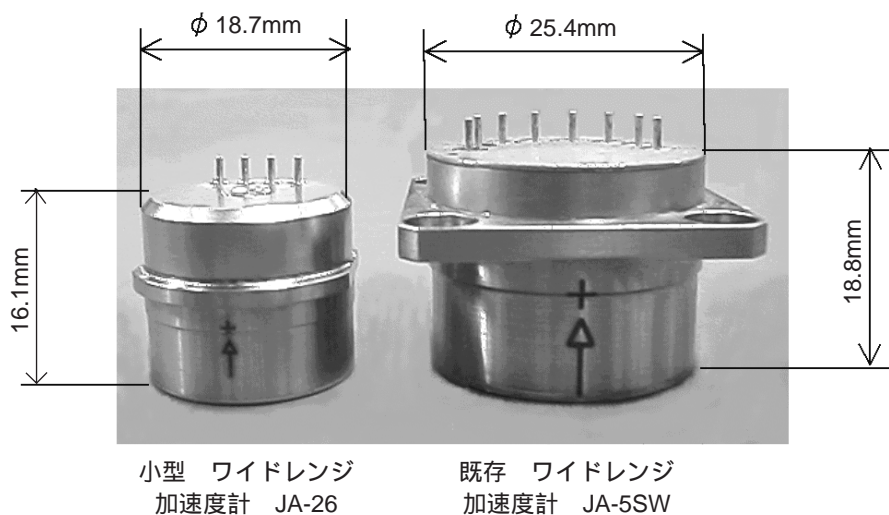


写真1 加速度計の外観

1 はじめに

あらゆる工業製品に対して、小型化、軽量化、低消費電力化への要求が一般的にあります。特にワイドレンジ型のサーボ加速度計の場合は、小型の飛翔体に主に使われることから、この要求が強くあります。当社は、この要求に沿い、既存のワイドレンジ型加速度計 JA-5SW に対して、同等の計測範囲を持ちながら、体積で 50%、質量で 40%、消費電流で 40% の小型サーボ加速度計 JA-26 の試作に成功しました。この小型の JA-26 型加速度計と既存の JA-5SW 型加速度計の外観の様子を、写真 1 に示します。

2 目標仕様

JA-26 型加速度計の目標仕様を表 1 に示します。同表には、比較のため、既存の JA-5SW 型加速度計の仕様も併記しています。図 1、図 2 はそれぞれの加速度計の寸法を示します。表 1 のとおり、計測範囲は両者ともに $\pm 490\text{m/s}^2$ ($\pm 50\text{G}$) で同等ですが、サイズ、質量、消費電流については JA-26 型加速度計の仕様を前述したようになりに小さくしています。また、JA-26 型加速度計では、「振動感度」の目標を設定しています。この「振動感度」は、加速度計が振動を受けたときの加速度計の誤差を規定した項目であり、加速度計をダイナミックな運動をする小型飛翔体に搭載したときに特に重要視される項目です。

なお、JA-26 型加速度計の環境条件は、想定される使用条件から、表 2 に示す目標を設定しました。

表 1 JA-26 型 加速度計の目標仕様

No.	項 目	単 位	JA-26 型加速度計 の目標仕様	既存の JA-5SW 型加速度計 の仕様（参考）
1	電気的特性			
1.1	電源電圧	V	$\pm 14.25 \sim \pm 15.75$	$\pm 15 \sim \pm 18$
1.2	消費電流	mA	8.0 以下	20.0 以下
2	性能			
2.1	計測範囲	m/s^2	± 490.5 以上 [$\pm 50\text{G}$ 以上]	± 490.5 以上 [$\pm 50\text{G}$ 以上]
2.2	感度 (@25)	$\text{mA}/(\text{m/s}^2)$	$0.102 \pm 10\%$ [$1\text{mA/G} \pm 10\%$]	0.115 nomi [1.13mA/G nomi]
2.3	バイアス (@25)	m/s^2	± 0.147 [15mG] 以下	± 0.0785 以下 [$\pm 8\text{mG}$ 以下]
2.4	ミスアライメント (@25)	mrad	± 3 以下	± 2 以下
2.5	周波数特性 (at - 3dB)	Hz	1000 以上 ($=0.2 \sim 0.8$)	1000 以上 ($=0.2$ 以上)
2.6	感度温度係数	ppm /	± 180 以下	± 200 以下
2.7	バイアス温度係数	$\mu(\text{m/s}^2)/$	± 981 以下 [$\pm 100 \mu\text{G}/$]	± 981 以下 [$\pm 100 \mu\text{G}/$]
2.8	ミスアライメント温度係数	$\mu \text{ rad} /$	± 5 以下	± 5 以下
2.9	振動感度	m/s^2	± 0.0294 以下 [$\pm 3\text{mG}$ 以下] (表 2 のランダム振動 (作動) を印加したとき)	- - - - -
3	質量	g	20 以下	50 以下
4	サイズ	mm	18.7×16.1 (体積 : 約 4.4cm^3) 図 1 参照	25.4×18.8 (体積 : 約 9.5cm^3) 図 2 参照

注：[] 内は、従来単位系である “ G (重力加速度) ” によるもので、参考とします。

なお、換算式は $1\text{G} = 9.80665\text{m/s}^2$ です。

表2 JA-26 型 加速度計の環境条件

No.	項 目	単 位	目標仕様
1	温度		- 45 ~ + 85
2	ランダム振動	(m/s ²)rms	作動 : 71.6 [7.3Grms] 非作動 : 96.1 [9.8Grms]
3	衝撃	m/s ²	機能 : 147 [15G] 構造 : 294 [30G]
4	直線加速度	m/s ²	784 [80G]

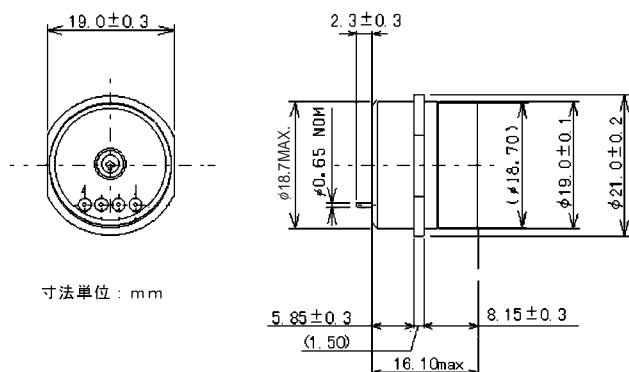


図1 小型ワイドレンジ加速度計 JA-26 の寸法

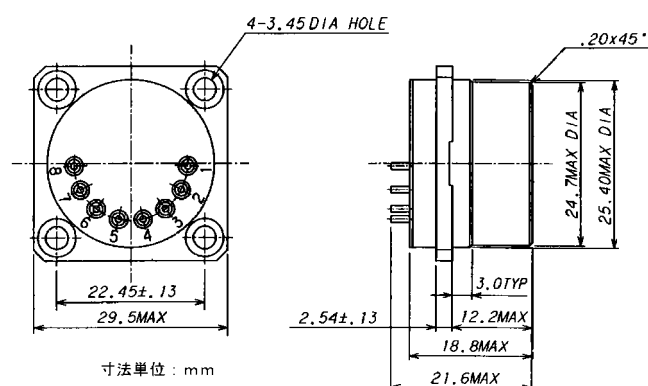


図2 既存のワイドレンジ加速度計 JA-5SW の寸法

3 設計のポイント

JA-26 型加速度計の設計のポイントは、次に示す 2 点です。

(1) 磁気回路設計

図 3 に示すように JA-26 型加速度計の機構部の構成は既存の JA-5SW 型加速度計と同一ですが、小さなスペースに入るよう各機構部品はすべて新規に設計しました。この機構部の設計のポイントは磁気回路設計です。すなわち、「計測範囲」の仕様で定めた最大の加速度を加速度計に与えたときに振子の制御が適切にできるよう、大きなリバランス力を確保することが必要になります。このため、当社がこれまでに蓄積してきた磁気回路設計技術に基

づき、磁石の形状・サイズ、及び、コイルの線径・巻数を設定しました。

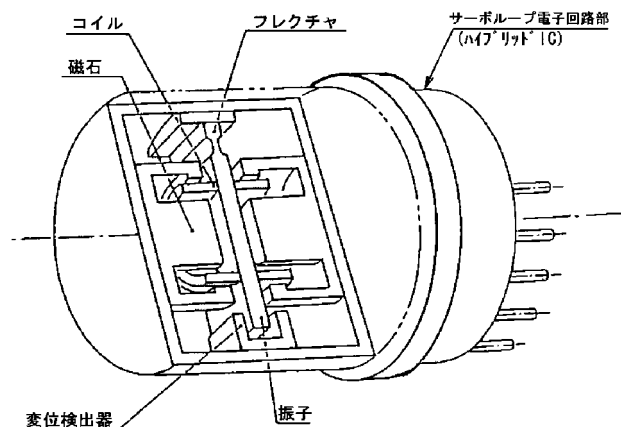


図3 JA-26 型加速度計の構造図

(2) 振動感度低減設計

前述のとおり振動感度は、振動条件下で発生する加速度計の誤差ですが、この誤差は、振子の変位検出器の非対称性、及び、サーボループ電子回路のアンプ部の非対称性により発生します。これに対し、電子回路内に調整部を設けて、前記の非対称性を全体として軽減する設計としました。

4 試作評価結果

前述の設計に基づいて JA-26 型加速度計を 11 個試作し、これらを評価した結果を表 3 に示します。同表中の評価項目のうち、感度、バイアス、ミスアライメントの各温度特性については、その試験データの 1 例を図 4 に示します。

これらの評価の結果、試作したすべての加速度計において、目標仕様の全条件を満足する成果を得ました。すなわち、計測範囲、消費電流について目標仕様を満たしながら、加速度計のいわゆる「性能グレード」を表す指標である感度、バイアス、ミスアライメントの各温度係数、及び、JA-26 加速度計の主要課題である振動感度が、余裕をもって目標仕様を満たしたことを確認しました。

5 むすび

以上に示した試験結果により、JA-26 加速度計の試作品は、目標仕様をすべて満たすことを確認しました。

JA-26 型加速度計の次の目標は、今回試作品の仕様を維持しながらローコスト化に向けて、開発を進め、製品化することです。

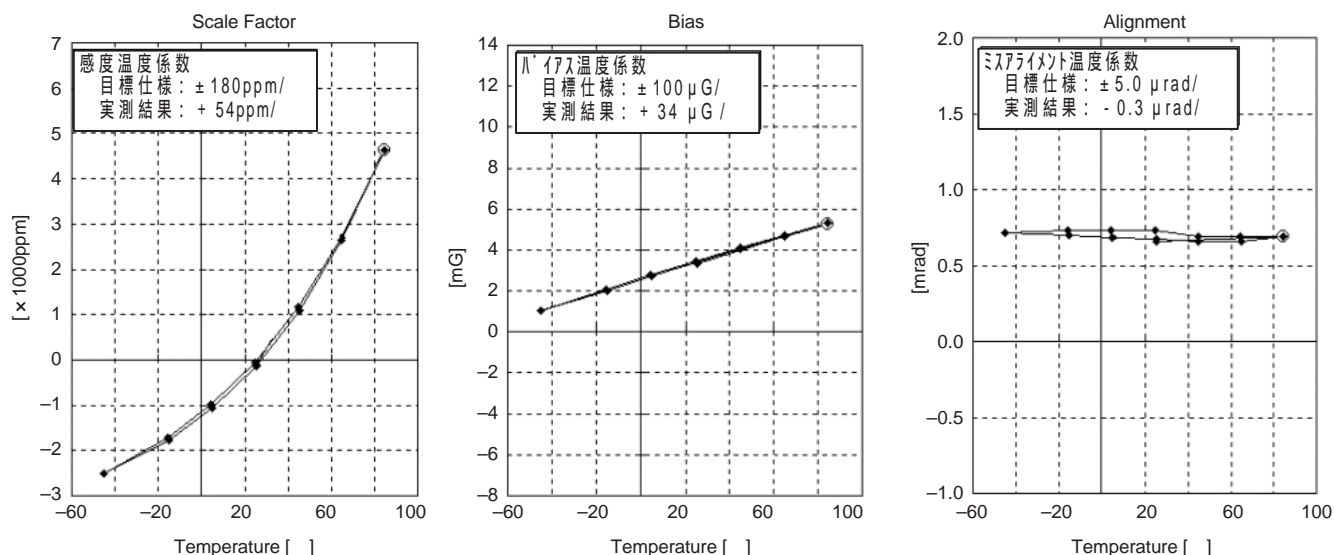


図4 JA-26型加速度計の温度特性試験結果の例

表3 JA-26型 加速度計の試作評価結果

No.	項目	単位	目標仕様	評価結果
1	電気的特性			
1.1	電源電圧	V	$\pm 14.25 \sim \pm 15.75$	良好
1.2	消費電流	mA	8.0 以下	6.1 ~ 6.5
2	性能			
2.1	計測範囲	m/s^2	± 490.5 以上 [$\pm 50 \text{G}$ 以上]	$\pm 557.0 \sim \pm 593.3$ [$\pm 56.8 \text{G} \sim \pm 60.5 \text{G}$]
2.2	感度 (@25)	$\text{mA}/(\text{m/s}^2)$	$0.102 \pm 10\%$ [$1 \text{mA/G} \pm 10\%$]	0.100 ~ 0.103 [$0.98 \text{mA/G} \sim 1.01 \text{mA/G}$]
2.3	バイアス (@25)	m/s^2	± 0.147 [15mG] 以下	$- 0.073 \sim + 0.081$ [$- 7.41 \text{mG} \sim + 8.26 \text{mG}$]
2.4	ミスマイメント (@25)	mrad	± 3 以下	$- 0.3 \sim + 1.5$
2.5	周波数特性 (at - 3dB)	Hz	1000 以上 ($= 0.2 \sim 0.8$)	2198 ~ 2358 ($= 0.26 \sim 0.32$)
2.6	感度温度係数	ppm /	± 180 以下	$+ 53 \sim + 58$
2.7	バイアス温度係数	$\mu(\text{m/s}^2)/$	± 981 以下 [$\pm 100 \mu \text{G/}$]	$+ 177 \sim + 539$ [$+ 18 \mu \text{G} \sim + 59 \mu \text{G}$]
2.8	ミスマイメント温度係数	$\mu \text{rad /}$	± 5 以下	$- 0.3 \sim + 1.2$
2.9	振動感度	m/s^2	± 0.0294 以下 [$\pm 3 \text{mG}$] 以下	$- 0.0098 \sim + 0.0118$ [$- 1.00 \text{mG} \sim + 1.23 \text{mG}$]
3	質量	g	20 以下	17.6 ~ 17.7
4	サイズ	mm	18.7×16.1 図1 参照	良好
5	耐環境性			
5.1	温度		$- 45 \sim + 85$	良好
5.2	ランダム振動	$(\text{m/s}^2)_{\text{rms}}$	作動: 71.6 [7.3Grms] 非作動: 96.1 [9.8Grms]	良好
5.3	衝撃	m/s^2	機能: 147 [15G] 構造: 294 [30G]	良好
5.4	直線加速度	m/s^2	784 [80G]	良好