

技術資料

フォースセンサ : HFD-500S

1. 適用

本書は、北陸電気工業製、フォース・センサ(HFD-500S)の使用方法です。

2. 定格／規格の用語について

2-1) 絶対最大定格

瞬時たりとも超えてはならない値であって、複数の最大定格のどの1つの規格も超えてもなりません。

① 印加荷重

連続的に性能が維持できる最大荷重を示します。

② 駆動電圧

電圧を印加しても破壊、特性劣化、信頼性低下を引き起こさない電圧範囲を示します。

③ 保存温度範囲

駆動電圧を印加しない状態で、長時間放置しても、特性劣化、信頼性低下を引き起こさない温度範囲を示します。

④ 使用温度範囲

駆動電圧を印加しない状態で、連続的に性能が維持できる最大の温度範囲を示します。

2-2) 定格

電気的特性が保証され、品質を維持するために守らなければならない条件を示します。

① 測定荷重範囲

電気的特性が保証される測定可能な荷重範囲を示します。ここに示す MAX 値－MIN 値をフルスケール(FS)と定義します。

② 駆動電圧

電気的特性が保証される駆動電圧を示します。

最大定格以下の駆動電圧であれば動作可能です。尚、その時の出力電圧は $V_{cc}=2.8V$ を基準としたレシオメトリックとなります。

③ ブリッジ抵抗

ホイーストン・ブリッジを構成した時の合成抵抗値 (V_{cc} －GND 間)

④ オフセット電圧

ON 時の出力電圧をオフセット電圧 (25℃) と定義します。

⑤ フルスケール・スパン

フルスケールにおける出力電圧の変化量をフルスケール・スパン (25℃) と定義します。

⑥ 感度

25℃時のフルスケール・スパンを測定荷重範囲(MAX 値-MIN 値)で割った値。単位荷重変化当たりの出力電圧の変化量を示します。

⑦ 直線性

印加荷重 v s 出力電圧の特性グラフにおいて、オフセット電圧と測定荷重(MAX 値)電圧とを結ぶ直線から実際の出力電圧が最大どのくらいずれるかを示します。オフセットと測定荷重(MAX 値)の midpoint 荷重印加時の出力電圧の差を 25℃時のフルスケール・スパンで正規化した値(%FS)です。

⑧オフセット温度特性

使用温度範囲におけるオフセット電圧の変化量を示します。(25℃基準)

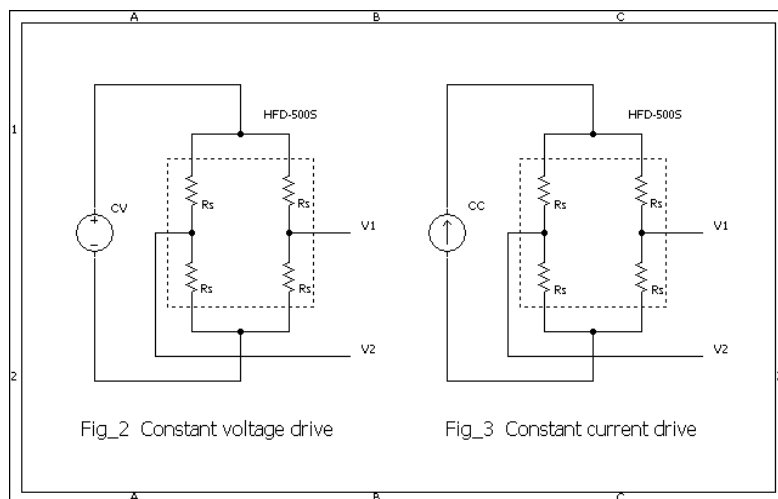
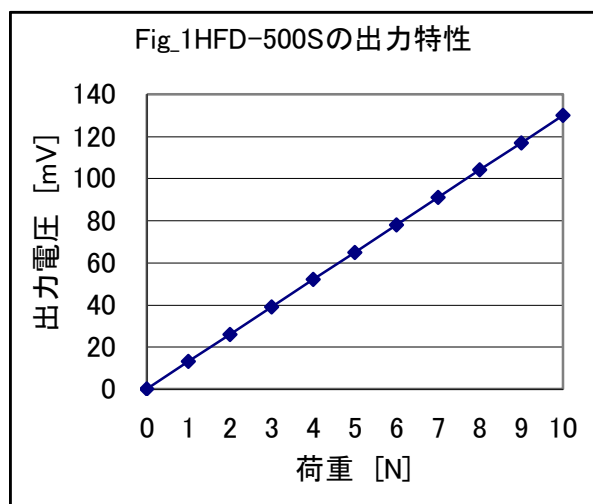
⑨感度温度特性

使用温度範囲におけるフルスケール・スパンの変化量を示します。(25℃基準)

単位荷重/単位温度に正規化した値(mV/N/°C)です。

3. 駆動方法と素子特性

フォースセンサ（HFD-500S）は、シリコン基板をエッチング等により薄くしたダイアフラム(受圧部)を有しており、その上に拡散やイオン打ち込みにて形成された抵抗体のピエゾ抵抗効果を利用しています。ピエゾ抵抗体でホイートストンブリッジ(Fig_2、Fig_3)を構成し、電流や電圧を印加すると、印加荷重に比例した出力電位差が得ることが出来ます。

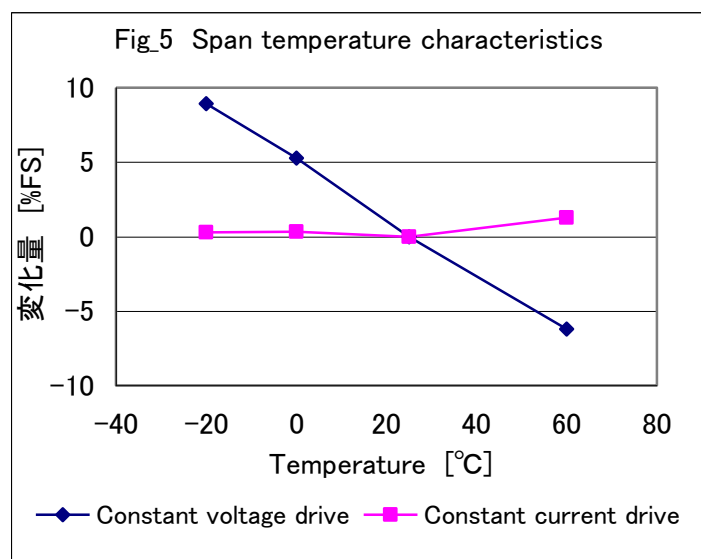
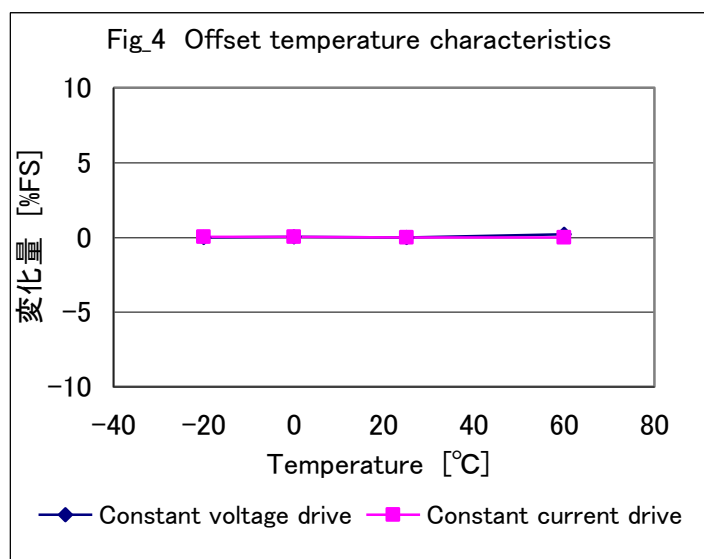


センサの駆動方法には定電圧駆動と定電流駆動があります。

定電流駆動は定電圧駆動よりも感度温度特性に優れています。よって、温度変動の大きい環境下で使用する場合は定電流駆動による使用を推奨します。

(注) 感度温度特性の曲がり特性は定電流駆動の方が大きくなります。定電圧駆動の方が変化が直線的です。

<センサ駆動方法によるオフセット温度特性と感度温度特性の違い (Fig_4、Fig_5)>



4. 回路構成

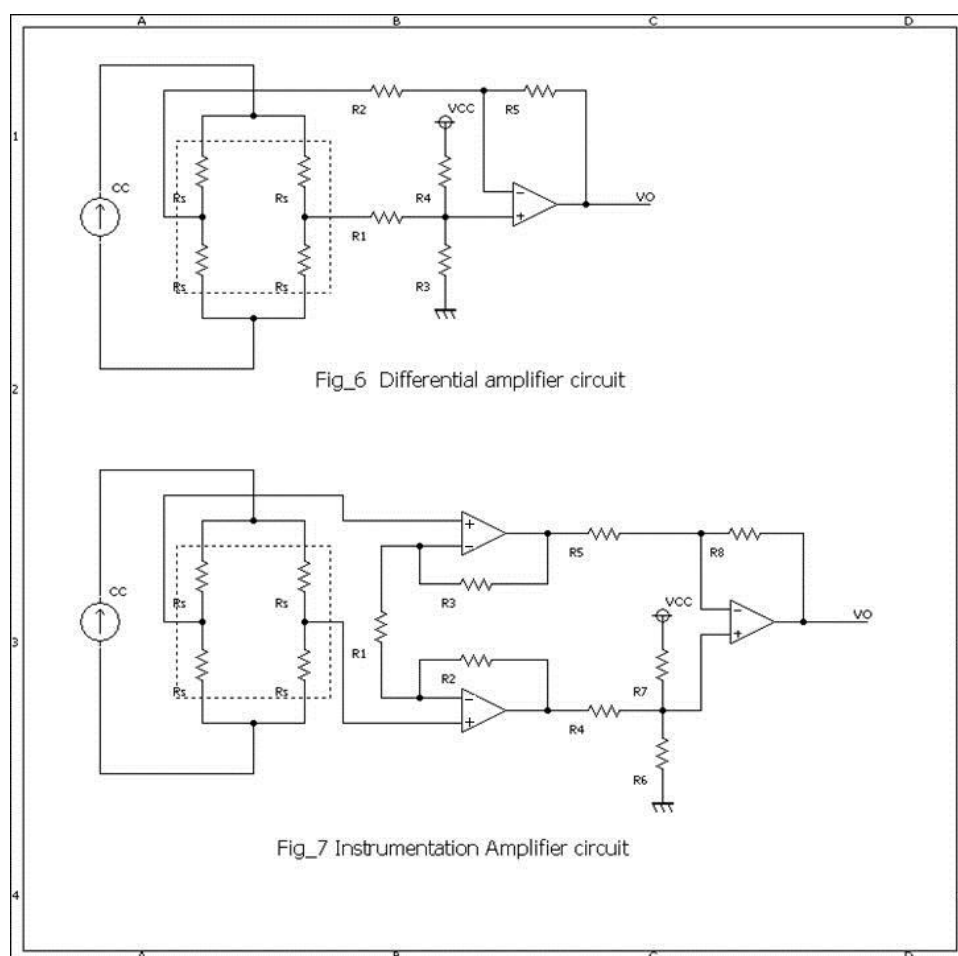
4-1) 増幅回路

フォース・センサを使うためには周辺回路が必要となります。周辺回路は主に駆動回路と増幅回路で構成され増幅回路にはオフセット調整機能、感度調整機能を設けます。

Fig.6、Fig.7 に周辺回路例を示します。

Fig.6 はオペアンプ 1 個による差動増幅回路で構成されています。この回路は増幅回路の入力インピーダンスが低い為、センサの抵抗値ばらつき、温度特性が増幅回路の Gain 変動要因となります。

Fig.7 はインストルメンテーションアンプを構成することで増幅回路の入力インピーダンスを高くしてセンサ抵抗の影響を抑制した回路です。



【Fig.6 差動増幅回路の GAIN、OFFSET の計算方法】

$$R1 = R2, R3 // R4 = R5$$

$$\text{GAIN} = R5 \div (R1 + (Rs \div 2))$$

$$\text{OFFSET} = VCC \times (R3 \div (R3 + R4))$$

【Fig.7 インストルメンテーションアンプの GAIN、OFFSET の計算方法】

$$R2 = R3, R4 = R5, R6 // R7 = R8$$

$$\text{GAIN} = (2 \times (R2 \div R1) + 1) \times (R8 \div R5)$$

$$\text{OFFSET} = Vcc \times (R6 \div (R6 + R7))$$

(※) インストルメンテーションアンプでは、Rs (センサ抵抗) が GAIN に影響しません。

4-2) 駆動回路

Fig.8～10 にセンサ駆動回路例を示します。

Fig.8 が定電圧駆動回路です。通常は回路電源をセンサ電源端子に接続します。

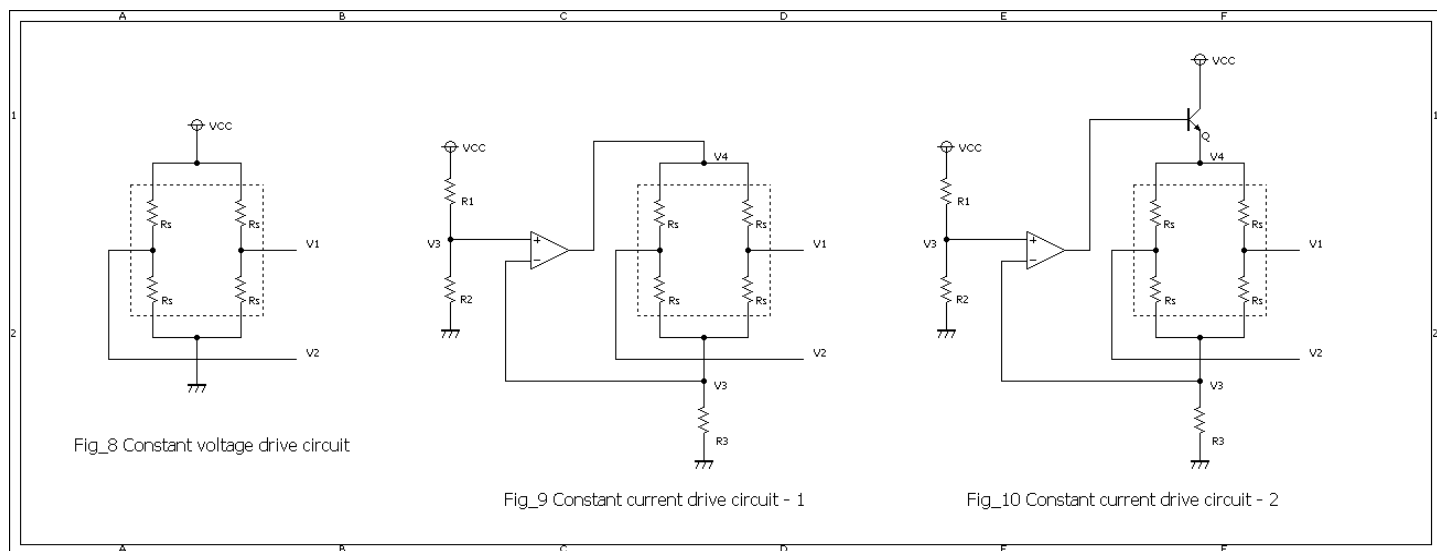
Fig.9 がオペアンプを使った定電流駆動回路です。この回路では、 $V3$ ＝一定値が常に成り立つためセンサに流れる電流を $V3/R3$ の定電流にコントロールすることができます。

<定電流駆動回路の注意点>

①オペアンプのソース電流能力>定電流値 である必要があります。

(Fig.10 はオペアンプのソース電流能力を改善した回路例です。)

②一般的に温度が高くなるとセンサ抵抗値 R_s が大きくなり $V4$ が上昇します。定電流値を決める際には高温における $V4$ 電圧の上昇を考慮して下さい。



5. 推奨回路

オペアンプを使ったフォースセンサのアンプ回路例（推奨回路1および2）を以下に示します。

◇推奨回路1(低コストタイプ)

推奨回路1（Fig.11）はオペアンプ1個からなる最も簡単な回路です。

センサは定電圧駆動としています。

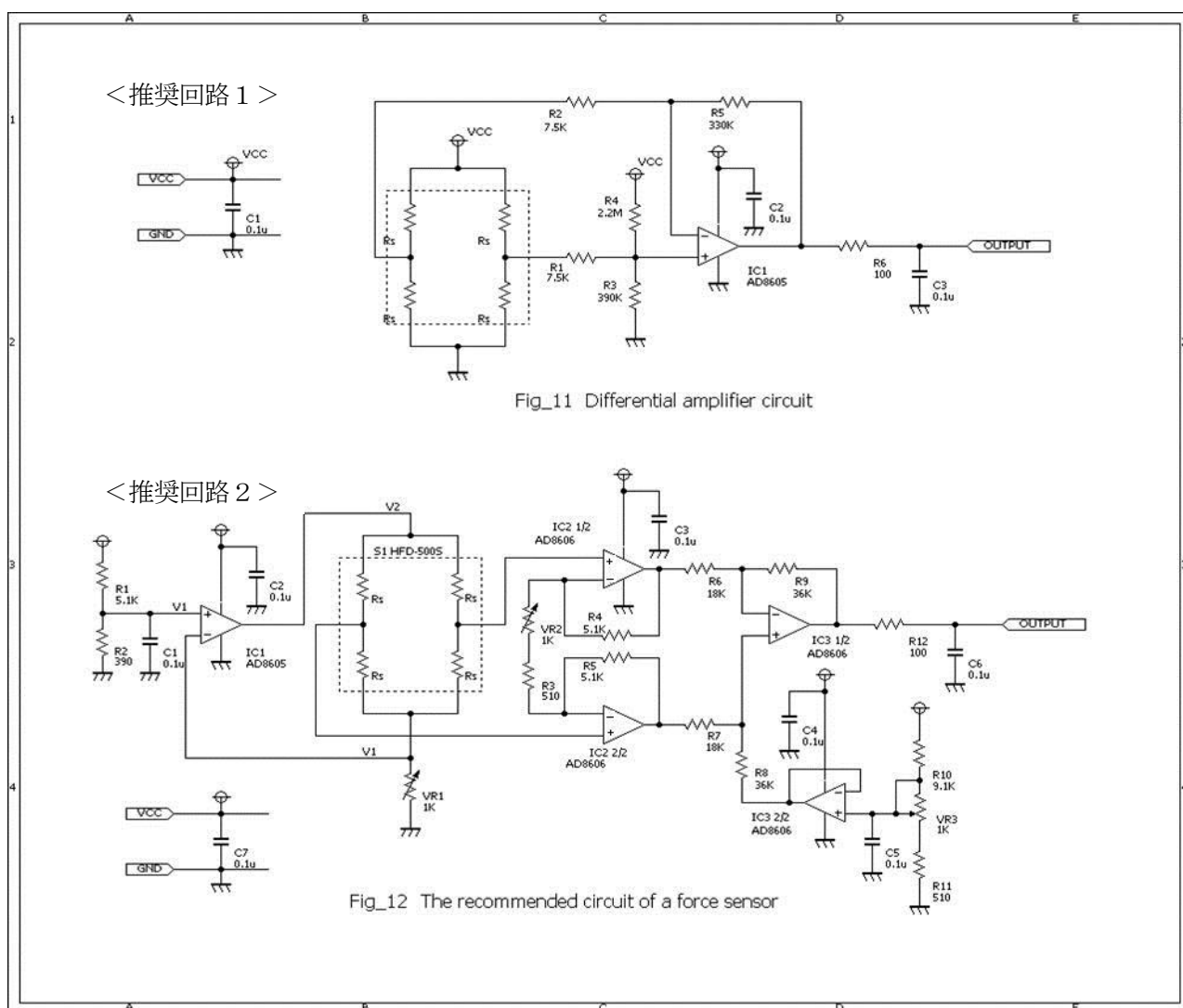
この回路は部品点数が少なくコスト的に有利です。ただし、センサ抵抗値のバラツキや温度特性がGAINに影響するため、特に精度が必要ではない用途で使用して下さい。

◇推奨回路2(高精度タイプ)

推奨回路2（Fig.12）は増幅回路をインストルメンテーションアンプとした高精度回路です。

この回路ではセンサが定電流駆動となっており、オフセット、ゲイン、及びセンサ電流(定電流)の調整機能があります。

弊社では推奨回路2をお勧め致します。



AD8605、AD8606 : Precision, Low Noise, CMOS, Rail-to-Rail, Input/Output
Operational Amplifiers (ANALOG DEVICES)

5-1) 推奨回路1 (Fig.11)

$$R3 // R4 = R5, R1 = R2$$

【設計値】

$$V_{cc} : 2.8V$$

Gain : ブリッジ抵抗 $R_s = 25[k\Omega]$ とすると

$$Gain = R5 \div (R2 + (R_s \div 2)) = 330[k\Omega] \div (7.5[k\Omega] + (25[k\Omega] \div 2)) = 16.5$$

$$Offset : Offset = V_{cc} \times R3 \div (R3 + R4) = 2.8[V] \times 390[k\Omega] \div (390[k\Omega] + 2.2[M\Omega]) = 0.422[V]$$

5-2) 推奨回路2 (Fig.12)

$$R6 = R7, R9 = R8, R4 = R5$$

【設計値】

$$V_{cc} : 3.0V$$

Gain : $R_G = R2 + R3 = 1[k\Omega]$ とすると

$$Gain = (2 \times (R4 \div R_G) + 1) \times (R9 \div R6) = (2 \times (5.1[k\Omega] \div 1[k\Omega]) + 1) \times (36[k\Omega] \div 18[k\Omega]) = 22.4$$

Offset : $R_o = R3 + R11 = 1[k\Omega]$, $V_{R1} = 2.7K$ とすると

$$Offset = V_{cc} \times R_o \div (R_o + R10) = 3.0[V] \times 1[k\Omega] \div (1[k\Omega] + 9.1[k\Omega]) = 0.297[V]$$

Constant current : $V_{R1} = 2.7k[\Omega]$ とすると

$$V1 = V_{cc} \times R2 \div (R1 + R2) = 3.0[V] \times 390[\Omega] \div (390[\Omega] + 5.1[k\Omega]) = 0.213[V]$$

$$Constant\ current = V1 \div V_{R1} = 0.213[V] \div 2.7[k\Omega] = 78.9[\mu A]$$

(注) HFD-500S を $78.9[\mu A]$ で定電流駆動で使用した場合、センサへの駆動電圧 $V2$ は、

$$V2 = \text{ブリッジ抵抗} \times \text{定電流値} = 25[k\Omega] \times 78.9[\mu A] = 1.97[V]$$

となります。センサ出力は駆動電圧に対してレシオメトリックとなります。

よって、推奨回路2 (Fig.12) におけるセンサ出力特性は下記となります。

表. 1 駆動電圧 V_{cc} と HFD-500S の出力特性

項目	定格			推奨回路2 (Fig.12)			Unit
	Min.	Typ.	Max	Min.	Typ.	Max	
駆動電圧		2.8			1.97		V
オフセット電圧	-10		10	-7		7	mV
フリスケールスパン	120	130	140	84.4	91.5	98.5	mV/10N
感度		13			9.1		mV/N
オフセット温度特性	-5		5	-3.5		3.5	mV
感度温度特性	-0.1		0	-0.07		0	mV/N/°C