

LFM-A Compact 6-Component Force Transducer

Instruction Manual

Thank you for purchasing LFM-A Compact 6-Component Force Transducer (hereinafter referred to as the LFM-A). Read carefully this Instruction Manual before using the LFM-A.

In addition, please keep this Instruction Manual near at hand to be used when necessary.

1. Symbols Used in The Instruction Manual

Important items that affect safety and instructions relating to LFM-A functions are indicated with symbols specified below. Be sure to read the instructions accompanied by these symbols.



WARNING

Improper operation of the LFM-A may result in death or severe injury of the operator or other person nearby. Be sure to read the instructions accompanied by this symbol.



CAUTION

Improper operation of the LFM-A may result in injury of the operator or other person nearby. Be sure to read the instructions accompanied by this symbol.

CAUTION

Improper handling may result in breakdown or damage to the LFM-A. To ensure correct operation, be sure to read the instructions accompanied by this symbol.

2. Safety Precautions



WARNING

- The LFM-A may break and fall if a load exceeding the rated load is applied. Install safety measures to prevent accidental fall due to overload.
- If the mounting screws are loosened, the LFM-A may fall and cause injury. Be sure to confirm that the mounting screws are securely tightened.



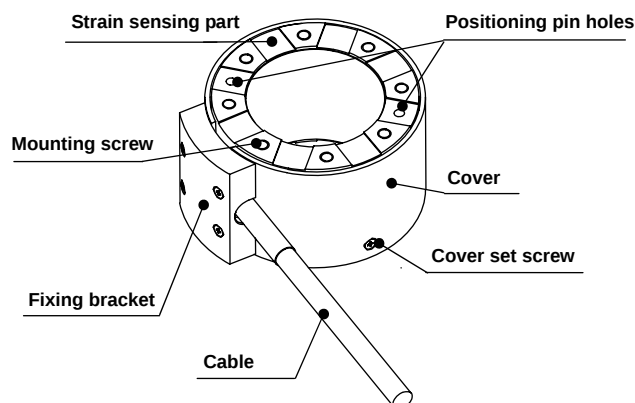
CAUTION

- Be careful not to overload the LFM-A when installing or taking measurement.

CAUTION

- Do not disassemble the LFM-A.
- Avoid dew condensation on the LFM-A. If condensation is formed on the LFM-A, promptly dry the LFM-A.
- Do not bend the cable near the cable outlet.
- If the LFM-A is used in an environment affected by vibration, fix the LFM-A cable near the fixing bracket to prevent vibration transfer to the LFM-A.
- The LFM-A is not in waterproof or dripproof structure. Do not allow the LFM-A come in contact with water or oil. Also, avoid using the LFM-A in a dusty environment.

3. Parts Names and Principal Functions



(1) Mounting screw holes

Install the LFM-A using the screw holes provided on the top and bottom (P.C.D. 52 mm, 8-M4, depth 5) of the LFM-A.

(2) Positioning pin holes

Two pin holes ($\phi 3H7$) are provided at the same P.C.D. 52-mm positions as screw holes. Use these pin holes to align the centers of the equipment and the LFM-A. Pin holes are provided on the top and bottom of the LFM-A.

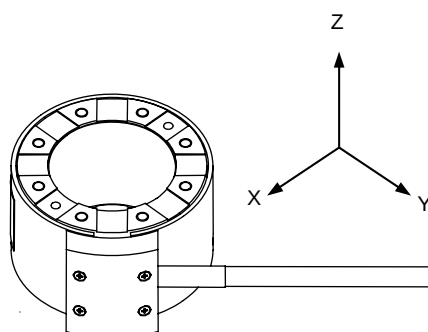
Use the accessory parallel pins ($\phi 3g6$ (-0.002 / -0.008), length 8) or purchase commercially available parallel pins.

(Equivalent product)

SKFA-GG3-P3.00-L3-B4.5-E0.5-A45 (MISUMI made)

(3) Loading direction

Determine the force detecting direction of the LFM-A by using the positioning pin holes as reference. Connect the 2 pin holes on one side of the LFM-A to provide the X-axis, and specify the fixing bracket side as the positive direction. Consequently, the side where cover set screws are located becomes the negative direction.



4. Installation

4.1 Prior to Installation

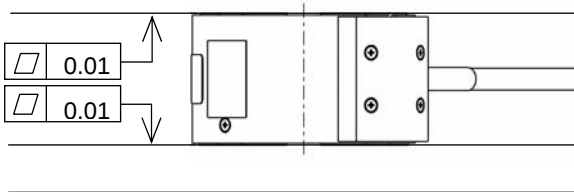
Before installing the LFM-A, take note of the following points.

a. Precautions on overload

Do not apply load exceeding the safe overload on the LFM-A. Applying such an excessive load may cause damage to the LFM-A. If impact load is applied, a force several times larger than the applied load acts upon the LFM-A. Pay due attention and handle the LFM-A with special care during work.

b. Flatness of the mounting surface of the measuring target

Since the LFM-A is installed on the measuring target by means of surface contact, uneven contact surface may affect the characteristics of the LFM-A. To prevent adverse effects on the LFM-A, it is recommended that the flatness of the mounting surface contacted with the LFM-A should be adjusted to 0.01 mm or less with $\phi 64$ mm in outer diameter and $\phi 42$ mm in inner diameter.



c. Mounting accuracy

The LFM-A is designed to detect 6-component force based on the coordinates of 3 reference axes (X, Y and Z-axes). If the LFM-A is not installed by perfectly aligning its coordinates with the coordinates of the measuring target, measured values may have a margin of error. For example, misalignment of 1 degree around the Z-axis generates an interference of approx. 1.7% in component forces F_X and F_Y . Therefore, the LFM-A must be accurately installed in position to ensure accurate measurement.

d. Material of the measuring target

If the material of the measuring target on which the LFM-A is installed is different from the LFM-A, the difference between the linear expansion coefficient of the 2 may change the zero point. At this time, take care to keep the temperature at the time of installation as it is during the measurement.

<Linear expansion coefficient>

LFM-A-3KN: $10.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

LFM-A-1KN: $23.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

4.2 Installation Method

When installing the LFM-A on the measuring target, use the positioning pin holes to determine the force detecting direction. Check the positional relation between the LFM-A force detecting direction and pin holes.



CAUTION

- When machining the equipment, take special care for the strength of the equipment. If the machine processed equipment does not have sufficient strength, it may break and fall during use or cause unexpected accident.

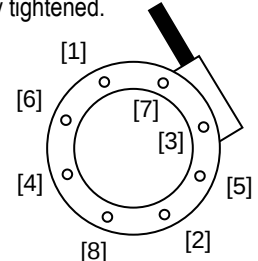
4.3 Screw Tightening

Install 2 parallel pins on each side of the LFM-A and tighten them with 8 hexagonal socket head bolts. If the operating environment is affected by vibration and bolts are likely to loosen, apply commercially available sealant to the bolts. If it is required to reduce the zero drift, apply commercially available adhesive (Recommended: LOCTITE 242) on the mounting surface. Do not allow the adhesive to contact the screw holes.

CAUTION

- If location of the mounting holes are misaligned or the bolts are not inserted vertically, the screw holes of the LFM-A may be damaged.

Tighten the bolts using a torque wrench, etc. The recommended tightening torque is $4.6 \text{ N}\cdot\text{m}$ for the LFM-A-3KN and $3.0 \text{ N}\cdot\text{m}$ for the LFM-A-1KN. Do not tighten the bolts with the specified torque in one go, but tighten them in diagonal pairs. Tighten one bolt, then tighten the bolt on the diagonally opposite side, and repeat this 3 times or so until both bolts are securely tightened.



Tighten the bolts in diagonal pairs.

	First tightening	Second tightening	Tightening torque
LFM-A-1KN	$1.0 \text{ N}\cdot\text{m}$	$2.5 \text{ N}\cdot\text{m}$	$3.0 \text{ N}\cdot\text{m}$
LFM-A-3KN	$2.0 \text{ N}\cdot\text{m}$	$4.0 \text{ N}\cdot\text{m}$	$4.6 \text{ N}\cdot\text{m}$

CAUTION

- Be sure to observe the specified tightening torque. If the tightening torque is smaller than the specified torque, the measurement accuracy of the LFM-A may be decreased or the mounting screws may become loose during use. On the other hand, applying excessive tightening torque may damage the threads of the LFM-A and render it unusable.

5. Cable Connection

Connect the LFM-A cable to the measuring device.

C H	Wire color	Symbol	Circuit
F 1	Orange	-	Red
	Gray	-	Black
	Orange	-	Black
	Gray	-	Red
M 1	White	-	Red
	Yellow	-	Black
	White	-	Black
	Yellow	-	Red
F 2	Pink	-	Red
	Orange	--	Black
	Pink	-	Black
	Orange	--	Red
M 2	Gray	--	Red
	White	--	Black
	Gray	--	Black
	White	--	Red
F 3	Yellow	--	Red
	Pink	--	Black
	Yellow	--	Black
	Pink	--	Red
M 3	Orange	---	Red
	Gray	---	Black
	Orange	---	Black
	Gray	---	Red
F 4	White	---	Red
	Yellow	---	Black
	White	---	Black
	Yellow	---	Red
M 4	Pink	---	Red
	Orange	----	Black
	Pink	---	Black
	Orange	----	Red

6. Output/Conversion

The LFM-A outputs 8 strain components F1 to F4 and M1 to M4.

- Measuring ranges are set as follows:

F1 to F4: 5000 $\mu\text{m}/\text{m}$ (or more)

M1 to M4: 10000 $\mu\text{m}/\text{m}$ (or more)

Take measurement using a constant voltage measuring instrument within the recommended excitation voltage range. To obtain accurate and safe measurement, change the measuring ranges to appropriate levels while conducting the measurement.

The measured outputs are converted into outputs of 6-component forces by the following equations:

$$\varepsilon_{fx} = -(F1 - F3)$$

$$\varepsilon_{fy} = -(F2 - F4)$$

$$\varepsilon_{fz} = -(M1 + M2 + M3 + M4)$$

$$\varepsilon_{mx} = M1 - M3$$

$$\varepsilon_{my} = M2 - M4$$

$$\varepsilon_{mz} = -(F1 + F2 + F3 + F4)$$

Next, interference correction is made. The calculated outputs of the 6-component forces are processed with a calibration constant matrix to obtain physical values of 6-component forces (loads FX, FY and FZ and moments MX, MY and MZ).

$$\begin{pmatrix} FX \\ FY \\ FZ \\ MX \\ MY \\ MZ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{Calibration} \\ \text{constant matrix} \\ 6 \times 6 \text{ matrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{fx} \\ \varepsilon_{fy} \\ \varepsilon_{fz} \\ \varepsilon_{mx} \\ \varepsilon_{my} \\ \varepsilon_{mz} \end{pmatrix}$$

The accessory CD-ROM contains calibration constant matrix data as well as an Excel file for simplified output conversion designed to convert outputs from the LFM-A into loads/moments (This file is created using Microsoft Corporation's Microsoft Excel).

7. Excel File for Simplified Output Conversion

This Excel file is used to calculate physical values from strain outputs of the LFM-A. By entering strain outputs of 8 components, physical values of 6-component forces can be obtained through calculations. See the following steps to use this file.

- Input a calibration constant matrix.

Input a calibration constant matrix in the "Calibration Constant Matrix" sheet. The calibration constant matrix of the LFM-A is written in the accessory CD-ROM in advance.

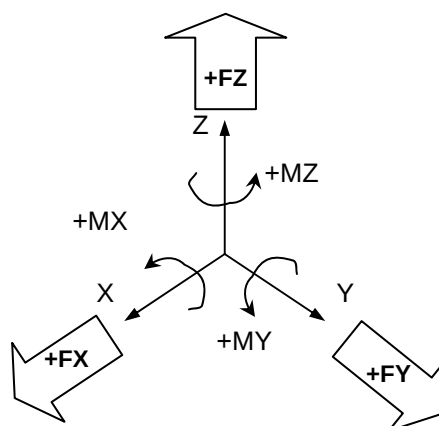
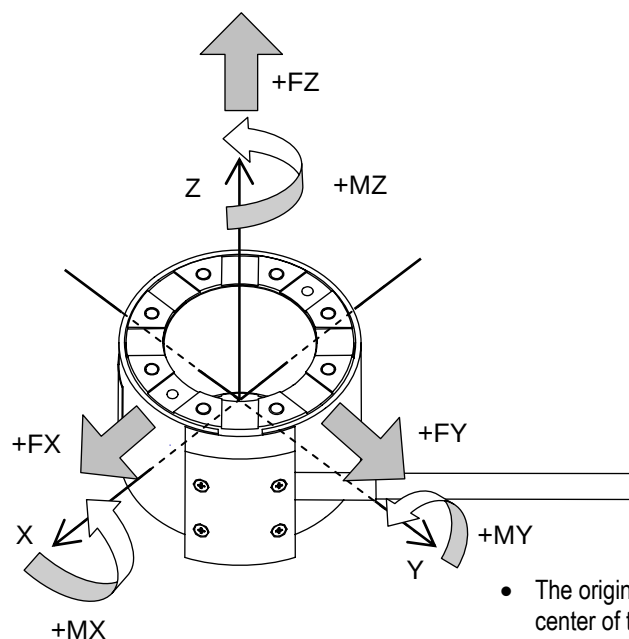
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Calibration constant matrix							
2								
3								
4								
5			aFx	aFy	aFz	aMx	aMy	aMz
6			0.835348	0.008833	-0.000253	-0.022062	0.178861	0.001358
7			Fy	-0.009918	0.830854	-0.005703	-0.014620	-0.000876
8			Fz	0.002373	0.002206	0.840763	0.006126	-0.000426
9			Mx	-0.000271	0.003161	0.000047	0.018050	0.000003
10			My	0.003215	-0.000322	-0.000006	0.017804	-0.000024
11			Mz	0.000109	-0.000022	-0.000312	0.000029	0.000083
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								
101								
102								
103								
104								
105								
106								
107								
108								
109								
110								
111								
112								
113								
114								
115								
116								
117								
118								
119								
120								
121								
122								
123								
124								
125								
126								
127								
128								
129								
130								
131								
132								
133								
134								
135								
136								
137								
138								
139								
140								
141								
142								
143								
144								
145								
146								
147								
148								
149								
150								
151								
152								
153								
154								
155								
156								
157								
158								
159								
160								
161								
162								
163								
164								
165								
166								
167								
168								
169								
170								
171								
172								
173								
174								
175								
176								
177								
178								
179								
180								
181								
182								
183								
184								
185								
186								
187								
188								
189								
190								
191								
192								
193								
194								
195								
196								
197								
198								
199								
200								
201								
202								
203								
204								
205								
206								
207								
208								
209								
210								
211								
212								
213								
214								
215								
216								
217								
218								
219								
220								
221								
222								
223								
224								
225								
226								
227								
228								
229								
230								
231								
232								
233								
234								
235								
236								
237								
238								
239								
240								
241								
242								
243								
244								
245								
246								
247								
248								
249								
250								
251								
252								
253								
254								
255								
256								
257								
258								
259								
260								
261								
262								
263								
264								
265								
266								
267								
268								
269								
270								
271								
272								
273								
274								
275								
276								

● Rated Capacity, Rated Output, Natural Frequency

Model	Top: Rated capacity / Bottom: Rated output				Natural frequency
	FX, FY	FZ	MX, MY	MZ	
LFM-A-1KN	1kN	1kN	50N · m	25N · m	Approx. 5kHz
	1.5 mV/V or more	1.8 mV/V or more	4.0 mV/V or more	2.4 mV/V or more	
LFM-A-3KN	3kN	3kN	100N · m	50N · m	Approx. 5kHz
	1.6 mV/V or more	1.6 mV/V or more	2.4 mV/V or more	1.6 mV/V or more	

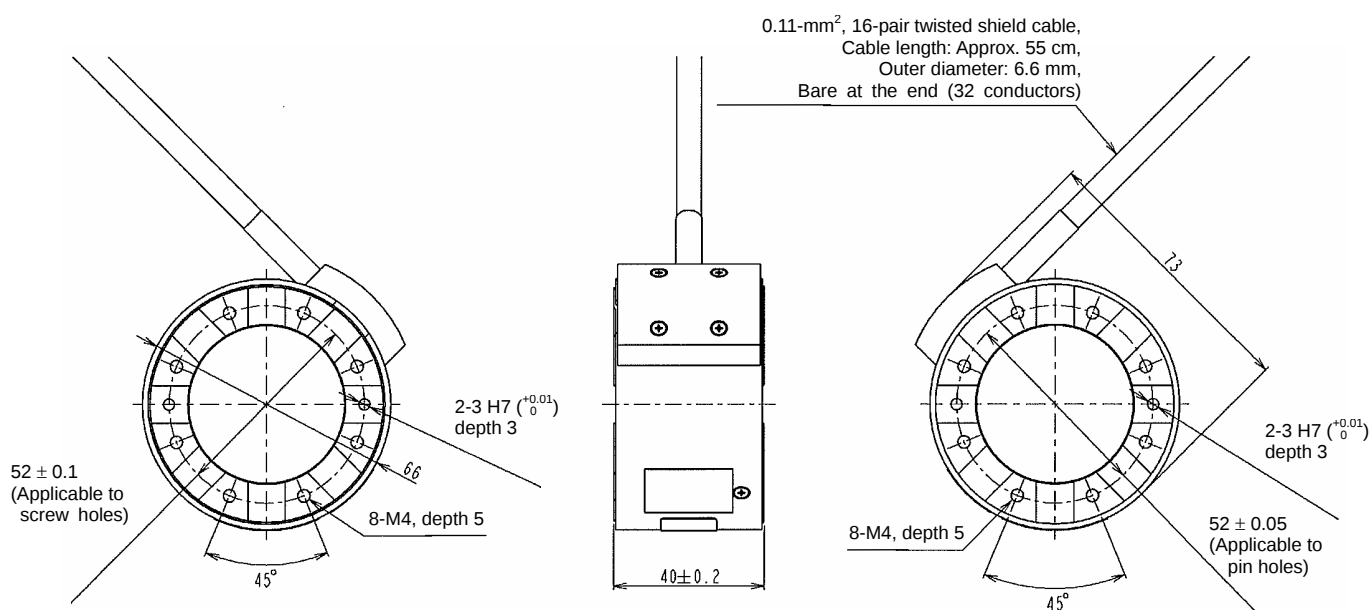
Note) The above values are 6-component force outputs converted from 8-component outputs.

10. Load Directions and Outputs



- The origin of 3 reference axes, (X, Y, Z) = (0, 0, 0), corresponds to the center of the LFM-A.
- The above are load directions applied when the bottom side of the LFM-A (where cover set screws are located) is fixed.

11. Outside View



L F M - A 小型6分力計一取扱説明書

このたびは本製品をお買い上げいただきまして、ありがとうございます。ご使用の前には本書を必ず、お読み下さい。
また、お読みになったあとは、いつでも見られるところに必ず保管して下さい。

1. 取扱説明書中のマークについて

ご使用の方の安全確保に関する重要な事項や機能確保に関する事項にはマークを付けて記載していますので、必ずお読み下さい。



警告

取扱を誤った場合、人体に重大な悪影響を及ぼす恐れがあります。必ずお読み下さい。



注意

取扱を誤った場合、人体に悪影響を及ぼす恐れがあります。必ずお読み下さい。

注意

故障しないようにするための注意や正しく動作させるための注意を記載しています。必ずお読み下さい。

2. 安全上のご注意



警告

- 定格負荷を超える荷重がかかると破断し落下する恐れがあります。落下防止用の安全装置を取り付けてください。
- 取付部のボルトが緩むと離脱落下の恐れがあります。緩みのないことを必ず確認してください。



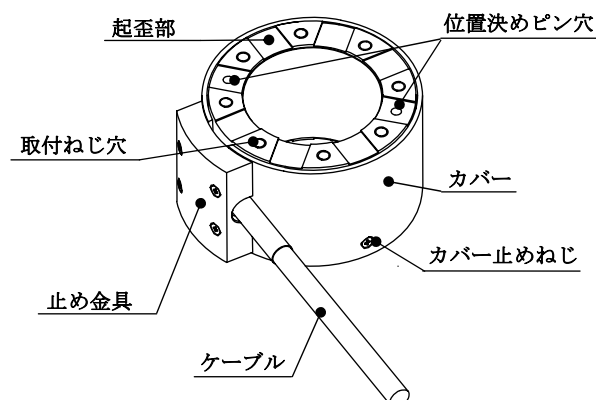
注意

- 過負荷に注意して取付・測定を行って下さい。

注 意

- 変換器は分解しないで下さい。
- 本変換器を結露させないでください。
結露してしまった場合はすみやかに乾燥させてください。
- ケーブルをケーブル引き出し口付近で曲げないで下さい。
- 振動環境下で変換器を使用する場合は、変換器のケーブルを止め金具付近でを固定し、振動止めを施して下さい。
- 防水・防滴構造ではありませんので水・油をかけないで下さい。また、粉塵環境下に置かないで下さい。

3. 各部の名称と主な機能



(1) 取付ねじ穴

本変換器の上下面にあるねじ穴 (P.C.D. 52mm、8-M4 深さ 5) を使用して取り付けを行ってください。

(2) 位置決めピン穴

ねじ穴と同じ P.C.D. 52mm の位置に 2 箇所のピン穴 (φ 3 H 7) を使用して、装置と変換器のセンター位置合わせを行います。ピン穴は上下面ともについています。

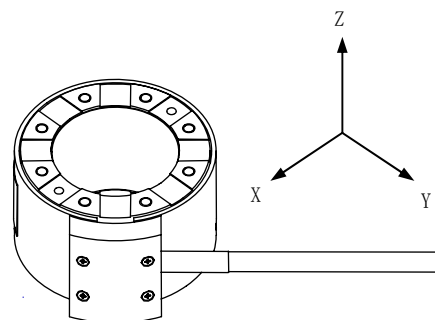
付属の平行ピン φ 3 g 6 ($\begin{smallmatrix} -0.002 \\ -0.008 \end{smallmatrix}$) 長さ 8 を使用するか、市販の平行ピンをご用意下さい。

(同等市販品)

株式会社ミスミ : SKFA-GG3-P3.00-L3-B4.5-E0.5-A45

(3) 負荷方向

位置決めピン穴を基準にして、変換器の検出方向を決定します。片面のピン穴どうしを結ぶ線を X 軸とし、止め金具のある側をプラス側とします。Z 軸はカバー止めねじのある側をマイナス側とします。



4. 取付

4.1 取付前に

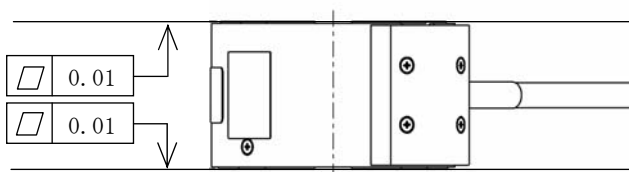
変換器の取り付け前に、以下の点にご注意下さい。

a. 過負荷への注意

取付の際、変換器には許容過負荷以上の負荷を加えないでください。許容過負荷以上の負荷を加えると、変換器は破損することがあります。また衝撃力が働くと、数倍の力が変換器に加わります。十分に注意して、慎重に作業を行なってください。

b. 被測定体の取付面の平面度

変換器は面接触で取付対象物に取り付けるので、接触面に凹凸があると、変換器の特性に影響をおよぼす恐れがあります。したがって、変換器が当たる外径φ64mm、内径φ42mmの範囲の取り付け面は、平面度0.01mm以下を推奨します。



c. 取付精度

6分力計は変換器の基準3軸(X, Y, Z軸)座標をもとに6分力を検出します。取付の際、被測定体の座標と変換器の座標にずれがあると測定値に誤差が生じます。例えば、Z軸まわりに1度のずれがあるとFX、FYの分力に約1.7%の干渉が生じます。したがって、精度よく計測するには取付位置の精度が重要となります。

d. 取付対象物の材質

取付の対象が変換器と異なる場合、両者の線膨張係数の差から零点が変化します。この場合は取付時の温度のまま一定に保つようにしてください。

〈線膨張係数〉 LFM-A-3KN : $10.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

LFM-A-1KN : $23.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

4.2 取付の方法

位置決めピン穴を使用し、取付対象物に変換器を取り付けるときの検出方向を決定します。変換器の検出方向とピン穴位置の関係を確認してください。



注意

- 装置側の加工を実施する際には、装置自体の強度に配慮してください。加工後強度が不足すると、使用中に破断・落下等の思わぬ事故原因となる場合があります。

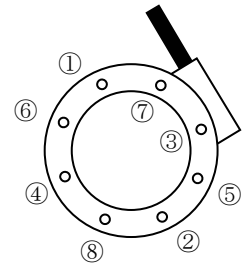
4.3 ネジ締結

片側2本の平行ピンを取り付けて、8本の6角穴付きボルトで締め付けます。使用環境に振動があり、ボルトのゆるみの危惧がある場合はボルト部に市販のゆるみ止め剤を塗布してください。零点漂動を小さくする必要がある場合、取付面に市販の接着剤(推奨品:LOCTITE 242)を塗布してください。接着剤はねじ穴に付着させないで下さい。

注 意

- 取付穴の位置がずれていたり、ボルトが垂直に入っていないと、変換器のねじ穴を破損する恐れがあります。

トルクレンチ等を使用して締め付けます。締め付けトルクはLFM-A-3KNは推奨締め付けトルク4.6N・m、LFM-A-1KNは3.0N・mです。ボルトは1度で締め付けず、3回程度に分けて対角に締め付けるようにしてください。



対角に締め付けて下さい。

	1回目締め付け	2回目締め付け	3回目締め付け
LFM-A-1KN	1.0 N・m	2.5 N・m	3.0 N・m
LFM-A-3KN	2.0 N・m	4.0 N・m	4.6 N・m

注 意

- 指定の締め付けトルクは必ず守ってください。
締め付けトルクが指定の値より小さいと変換器の測定精度が落ちたり、使用中に取付ねじが緩む原因となります。過大な締め付けトルクでは変換器のねじ部を破損して使用不可能となります。

5. ケーブル接続

変換器のケーブルを計測機器に接続して下さい。

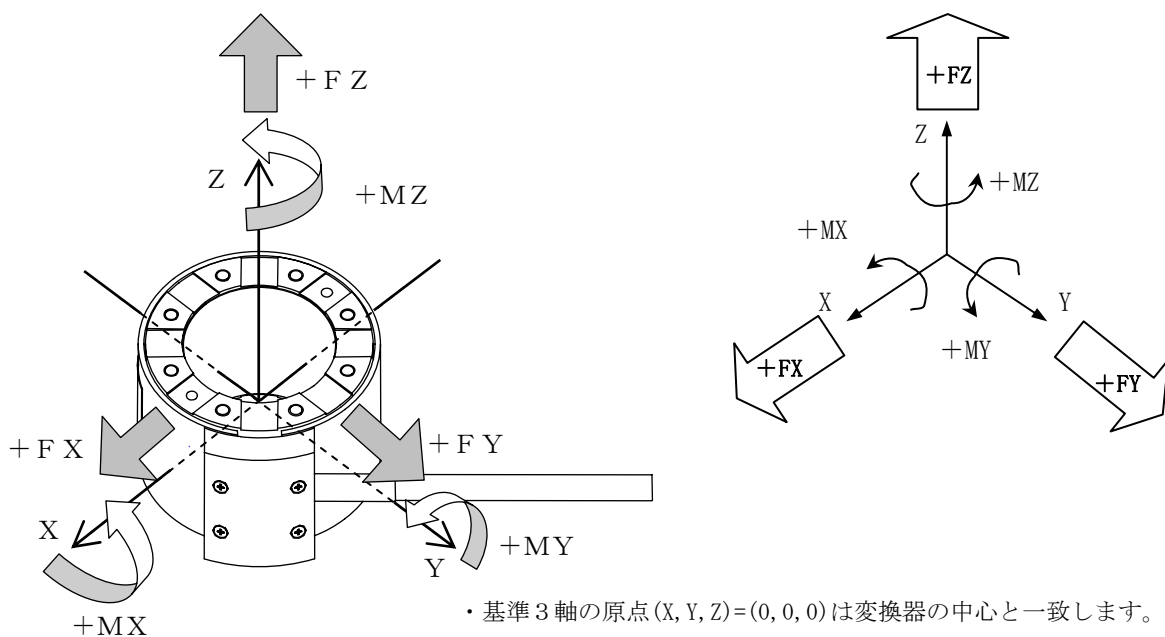
CH	被覆色	マーク		回路
F 1	橙	—	赤	入力(+)
	灰	—	黒	出力(-)
	橙	—	黒	入力(-)
	灰	—	赤	出力(+)
M 1	白	—	赤	入力(+)
	黄	—	黒	出力(-)
	白	—	黒	入力(-)
	黄	—	赤	出力(+)
F 2	桃	—	赤	入力(+)
	橙	—	黒	出力(-)
	桃	—	黒	入力(-)
	橙	—	赤	出力(+)
M 2	灰	—	赤	入力(+)
	白	—	黒	出力(-)
	灰	—	黒	入力(-)
	白	—	赤	出力(+)
F 3	黄	—	赤	入力(+)
	桃	—	黒	出力(-)
	黄	—	黒	入力(-)
	桃	—	赤	出力(+)
M 3	橙	—	赤	入力(+)
	灰	—	黒	出力(-)
	橙	—	黒	入力(-)
	灰	—	赤	出力(+)
F 4	白	—	赤	入力(+)
	黄	—	黒	出力(-)
	白	—	黒	入力(-)
	黄	—	赤	出力(+)
M 4	桃	—	赤	入力(+)
	橙	—	黒	出力(-)
	桃	—	黒	入力(-)
	橙	—	赤	出力(+)

● 定格容量・定格出力、固有振動数

型式名	上：定格容量、下：定格出力				固有振動数
	FX, FY	FZ	MX, MY	MZ	
LFM-A-1KN	1kN	1kN	50N・m	25N・m	約 5 kHz
	1.5 mV/V 以上	1.8 mV/V 以上	4.0 mV/V 以上	2.4 mV/V 以上	
LFM-A-3KN	3kN	3kN	100N・m	50N・m	約 5 kHz
	1.6 mV/V 以上	1.6 mV/V 以上	2.4 mV/V 以上	1.6 mV/V 以上	

注) 8成分出力から6分力出力に換算した値です。

10. 荷重方向と出力



11. 外観

