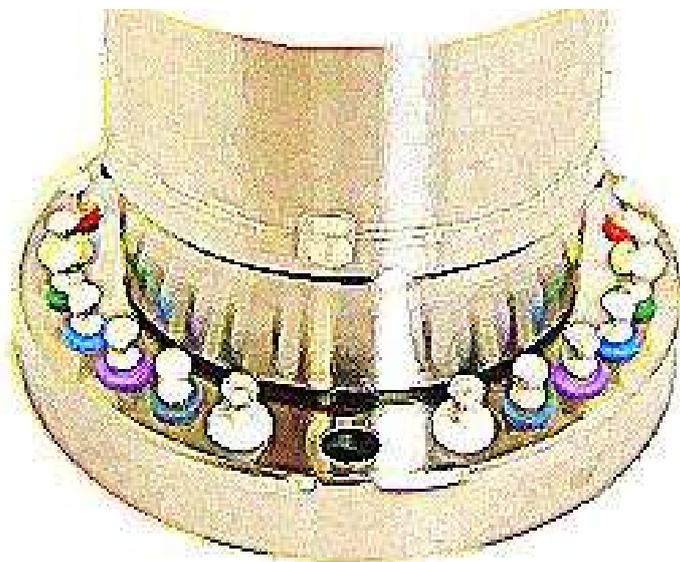




回転体の熱電対計測

まとめ編



トラブルシューティング

回覧

--	--	--	--	--	--



回転体の熱電対計測 まとめ編

熱電対とスリッピング.....	P. 1
中間金属の法則.....	P. 2
温度影響による測定誤差.....	P. 3、4、5
対策① 温度コントロール.....	P. 6、7、8
対策② 熱電対用回転アンプ.....	P. 9、10
対策③ 他方式のセンサー.....	P. 11、12
K型熱電対の半田付け.....	P. 13
弊社推奨 フラックス・シリコーン.....	P. 14

◆ 熱電対とスリップリング

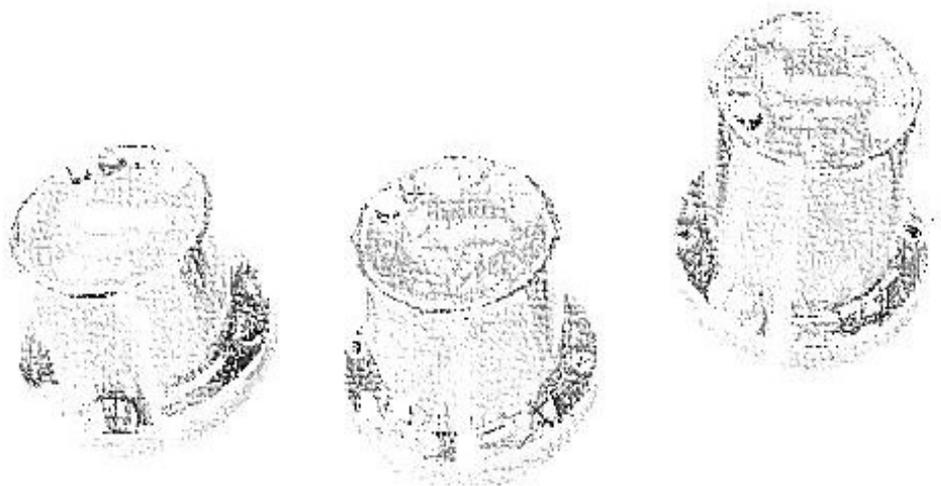
- 熱電対・・・

2種類の金属線を両端で接合した電気回路で、各接合点の温度差に応じた熱起電力（自由電子の温度に応じた熱運動の電位差）が発生します。

熱電対は、温度差を利用した温度センサーであり、その電圧値を温度換算します。K型熱電対の場合 $40\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ と低い出力となります。

- スリップリング・・・

回転部 \leftrightarrow 固定部間の電気伝送をするリング・ブラシの摺動接点。



◆ 中間金属の法則

熱電対回路内に異種金属が挿入された際に、その両端に温度差がなければ温度計測に影響が出ません。

回転体の計測でスリップリングを利用する場合、熱電対回路に“スリップリング”という異種金属が挿入することになります。ここで、“熱電対とスリップリング”に“中間金属の法則”が適応されます。

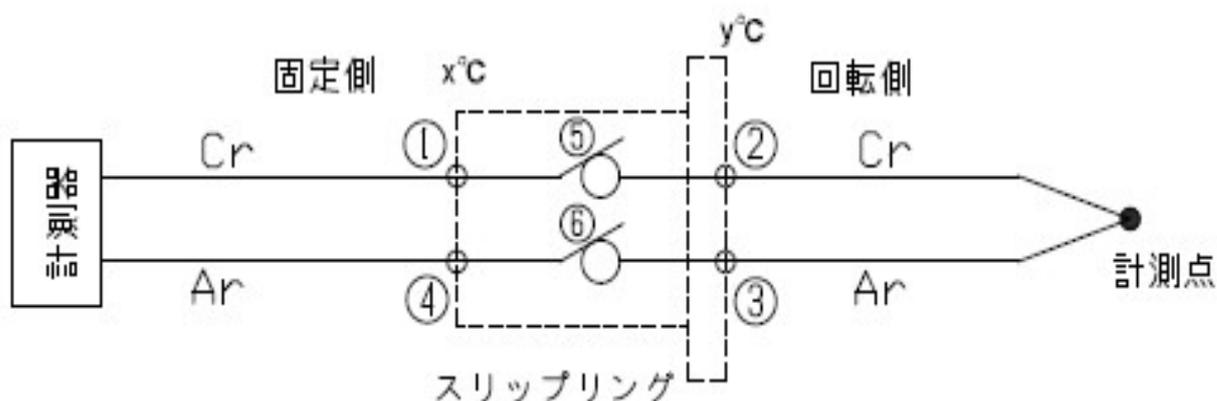


図 1. 熱電対 (K型) とスリップリング

※一般的に広く用いられている方法です。

重要！

スリップリングと計測器間（固定側）においても熱電対線または補償導線での配線が必須です。

◆ 温度影響による測定誤差

図1.において熱起電力は計測点に加えて、

①②③④（熱電対とスリップリングの接続部）および⑤⑥（リング・ブラシの接点）で発生します。

①② これらは熱電対線とスリップリング端子（SR）による異種金属接点
③④ となります。

$x = y [^{\circ}\text{C}]$ の場合:

①（Cr→SR）と②（SR→Cr）で発生する熱起電力は同絶対数になり、極性が逆のため±相殺されます。

③④も同様です。 → P.4 **図2. 熱電対 + スリップリング①**

$x \neq y [^{\circ}\text{C}]$ の場合:

①と②で発生する熱起電力は異絶対数となり、±相殺されません。③④も同様です。

よって、温度差による測定誤差が発生します。

（K型の場合は温度差 = 測定誤差[$^{\circ}\text{C}$]となります。）

→ P.5 **図3. 熱電対 + スリップリング②**

⑤⑥ リングとブラシは異種金属接点ですが、⑤と⑥の2点間距離は2mm程の至近距離のため発生熱起電力は同絶対数であり、
⑤（ブラシ→リング）、⑥（リング→ブラシ）と極性が逆となり±相殺されます。

◆ 温度影響による測定誤差

熱電対+スリップリング①

測定誤差が出にくい状態・・・温度ドリフトなし

スリップリングの固定側と回転側の端子間に温度差がない時の計測

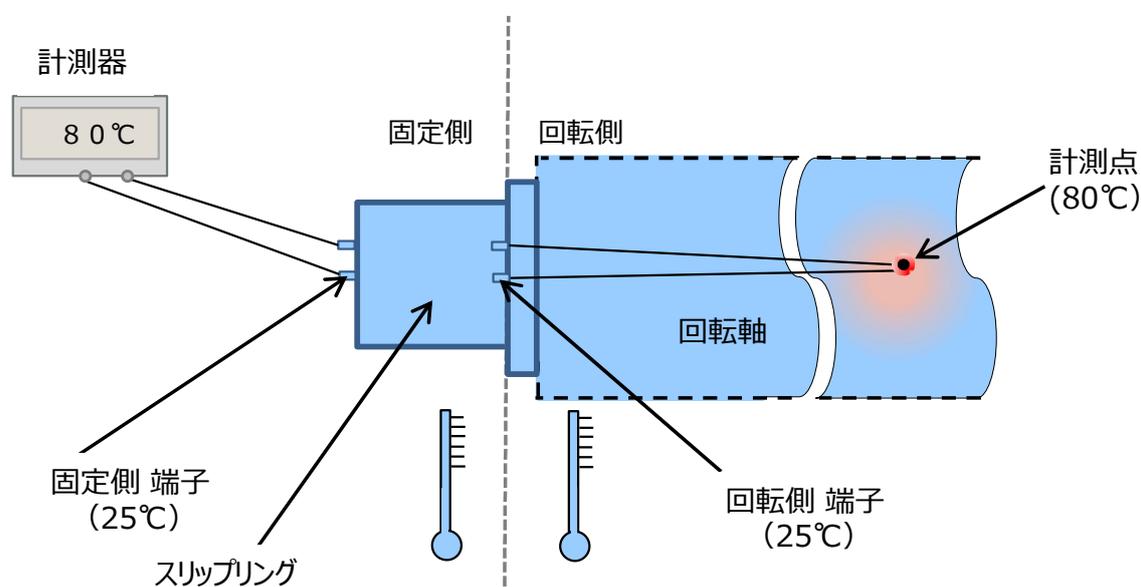


図2. 熱電対+スリップリング①



各部の熱起電力

① 計測温度 = 計測点 + (| 固定側端子 | - | 回転側端子 |)
 80°C = 80°C + (| 25°C | - | 25°C |)
= 0

◆ 温度影響による測定誤差

熱電対+スリップリング②

測定誤差につながる状態・・・温度ドリフト

回転軸の温度が高温の場合、スリップリング回転側の端子が影響をうけます。

固定側と回転側の端子間に温度差が生じると、測定誤差に直結してしまいます。

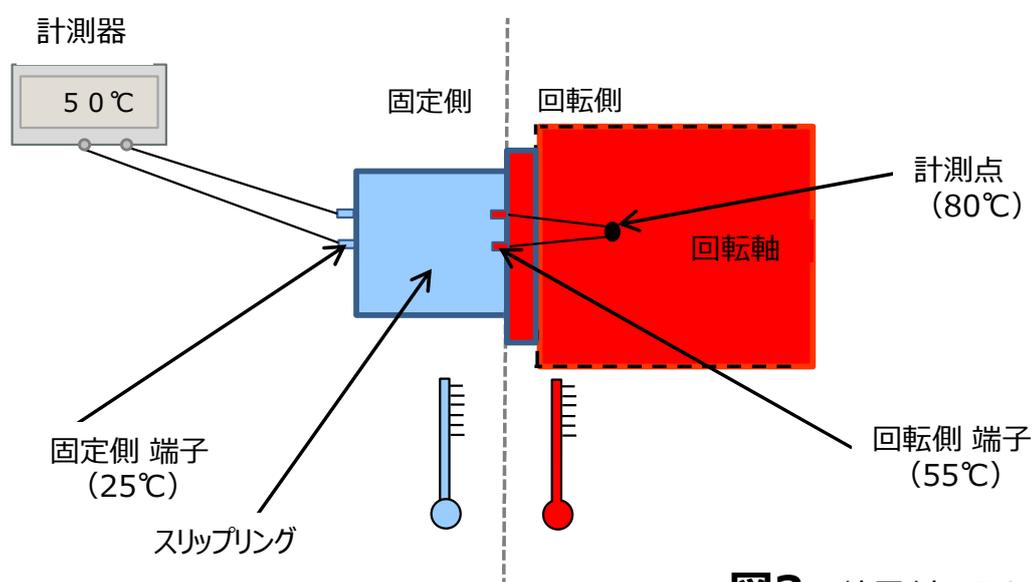


図3. 熱電対+スリップリング②



各部の熱起電力

⊕ 計測温度 = 計測点 + (| 固定側端子 | - | 回転側端子 |)

$$50^{\circ}\text{C} = 80^{\circ}\text{C} + (| 25^{\circ}\text{C} | - | 55^{\circ}\text{C} |)$$

≠ 0

重要!

正しい温度測定をする為の対策が必要です。

◆ 対策① 温度コントロール

◆ **温度影響による測定誤差**により、スリップリングの固定側と回転側の端子間に温度差が生じると、測定誤差に直結してしまうことが分かります。

小型軸端型スリップリングの場合、温度差の大きな要因は外的なところにあります。

高温状態の回転軸へスリップリングを設置した場合

回転軸からの熱伝導によって、回転側の端子のみ高温になり温度差が発生します。

対策として、熱伝導を避けるために回転軸とスリップリングに断熱効果のある材質を介すと有効です。

または、取付アダプタをガラスエポキシ等の材質で製作することも有効です。

→ P.7 **図4. 断熱**

高温状態の回転軸へスリップリングを設置した場合

急激な温度変化があるとスリップリング全体が均一に温度追従しないため、回転側と固定側の端子間に時間毎による温度差が生じやすくなります。温度の不均一を避けるために、スリップリング全体をケースで覆い空気を送り込みケース内部を一定温度にすると有効です。

→ P.8 **図5. 空冷**

◆対策① 温度コントロール 断熱

* 断熱 → 高温状態の回転軸へスリップリング設置の場合

回転軸からの熱伝導をさけるため、スリップリング取り付けアダプタをガラスエポキシ等の材質で製作し、軸とスリップリングの間を断熱します。そうすることにより、スリップリングの回転側の端子と固定側の端子の温度差がなくなります。

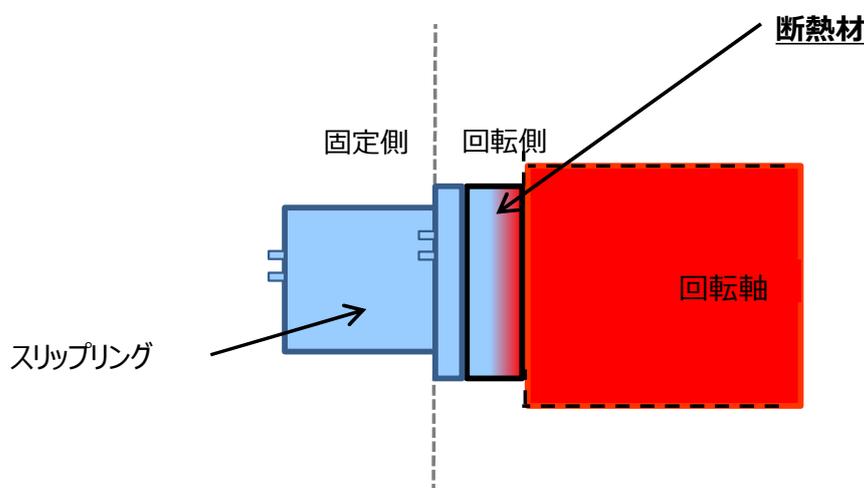


図4. 断熱

重要！

固定側端子 温度 = 回転側端子 温度
温度差 0℃!

◆対策① 温度コントロール 空冷

* 空冷 → 周辺環境温度が急速に変化する場合

回転側と固定側の端子間に温度差が生じやすくなっていますので、スリップリング全体をケースで覆い空気を送ることにより、周辺環境の温度変化を避けることができ、温度を保つことができます。

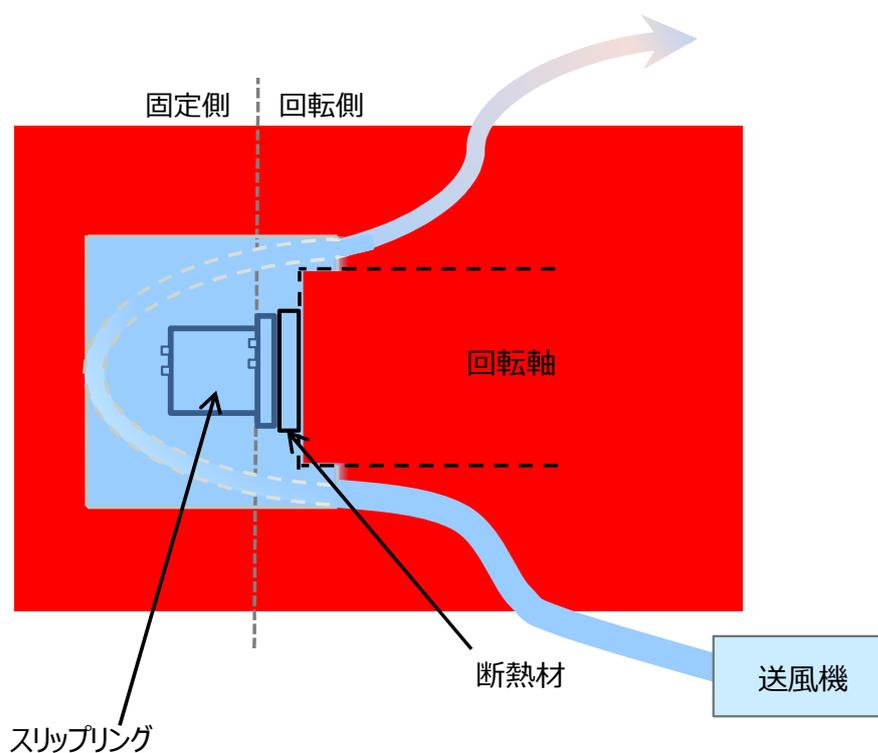


図5. 空冷

重要！

固定側端子 温度 = 回転側端子 温度
温度差 0℃!

◆対策② 熱電対用回転アンプ

温度影響を受けやすい環境下で使用する場合、熱電対の出力電圧が数十 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ オーダーで、スリップリングの温度影響による誤差出力電圧も数十 μV オーダーとなるので誤差が計測値に与える影響が大きくなってしまいます。

このことに着目し、スリップリングを仲介させる前段（回転側）にて熱電対用回転アンプ（増幅器）を使用して電圧信号を大きくする対策が有効です。

40 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ \Rightarrow 10 mV/ $^\circ\text{C}$ へ増幅（K型の場合）

[→ P.10 図6.スリップリング + 熱電対回転アンプ](#)

また、熱電対用回転アンプには冷接点補償回路が内蔵されており、回転側にて電圧出力されるので スリップリング→ データロガー間に熱電対線を使用する必要がなくなります。

※熱電対用回転アンプは電子機器のため周辺温度環境の影響を受けますが、その範囲を精度補償しています。スリップリング単体の場合は精度補償が困難となります。



熱電対回転アンプ

(型式：AMP-TC5-K2) 5点計測用

〈特徴〉

- ・耐外部熱起電力
- ・耐外部ノイズに優れる

〈測定点数ラインナップ〉

- ・ 2、3、4、5、7、8、9 ch

※詳しくは、ホームページ詳細PDFをご覧ください。

◆対策② 熱電対用回転アンプ

スリップリング + 熱電対回転アンプ

スリップリングの回転部分にアンプを設置することにより、
電圧信号を大きくし（ $40\mu\text{V}/^\circ\text{C} \rightarrow 10\text{mV}/^\circ\text{C}$ へ増幅）、
温度影響による誤差（ $+\mu\text{V}$ オーダー）を計測値に影響しないようにします。
回転アンプを使用することによりアンプからの配線に銅線ケーブルが使える為、
各接続部の熱起電力の影響を小さく出来るなどの利点もあります。

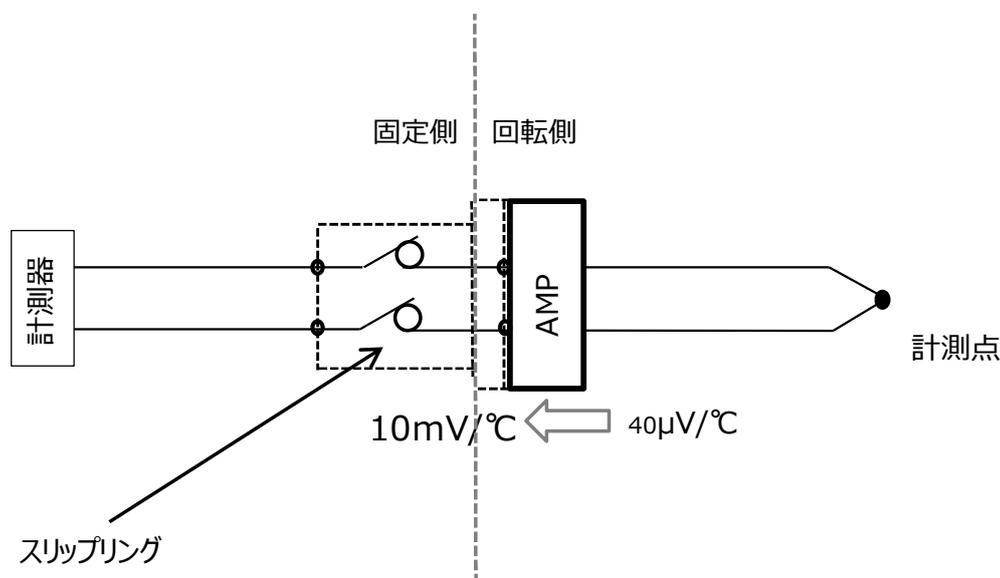


図6. スリップリング+熱電対回転アンプ



◆ 対策③ 他方式のセンサー

熱電対は異種金属接点に発生する熱起電力を測定する計測なので、

◆ 温度影響による測定誤差に注意が必要でした。

そこで、測定原理の異なる抵抗温度計（測温抵抗温度計・サーミスタ等）を使用するとそれらの誤差要因を考慮する必要がなくなります。

→ P.12 測温抵抗体やサーミスタ等

抵抗温度計はその名の通り、抵抗変動を温度換算するセンサーです。

また、抵抗変化量/℃も大きいためスリップリング（リング・ブラシ接点）の抵抗変化分の影響は極々微小で、問題となりません。

抵抗温度計と熱電対で同時計測すれば、“熱電対とスリップリング”の計測に対する温度校正にも応用できます。

◆ 対策③ 他方式のセンサー

測温抵抗体 や サーミスタ等

受感部より温度を感知し、温度変化により起きる電気抵抗値の変化から温度を測定します。各接続部温度差による測定誤差を考慮しなくてもご使用いただけるものとしてあげられます。

測温抵抗体

金属の電気抵抗値が温度にほぼ直線的に比例します。

(特に白金測温抵抗体は、安定性と精度が優れています。)

良い面として、常温・中温付近では、熱電対より精度が良いとされています。

ただし、構造が複雑な為、衝撃、振動に弱い面があります。

また、形状が大きいため、熱電対に比べると応答性が遅くなってしまいます。

サーミスタ

半導体の一種です。熱電対同様、小さい箇所の温度測定ができ、

温度変化への感度は非常に高いとされています。

デメリットとしては、使用温度範囲が限定されます。

◆ K型熱電対の半田付けのコツ

K型熱電対線は非常に半田が乗りにくい為、
下記手順を参考に行っていただくとキレイに仕上がります。

注意！

- ・フラックスを端子周辺では使用しないで下さい。
- ・線単体を使用して、半田後はアルコール脱脂綿で拭き取って下さい。
- ・スリッピング内部へのフラックス混入・端子への長時間のコテによる加熱はスリッピング破損を引き起こしますのでご注意ください。

手順

- ① 紙やすりで芯線に擦り傷をつける
- ② アルコール脱脂綿等で芯線を脱脂
- ③ 専用フラックスを付けて半田付け
- ④ アルコール脱脂綿等で芯線を脱脂
- ⑤ 予備半田を完了した線を端子へ半田接続
(引っ張って外れないことを確認)
- ⑥ 振動での断線・汚れ付着による各端子の絶縁低下を避けるために
シリコンコーティング (電氣的絶縁性の高いものを選定)

※半田の乗りが不十分な場合は、手順①～④を再度繰り返す



◆参考商品

フラックス :

<https://rectorseal.com/nokorode-aqua-flux-group/>

シリコーン :

Dow Cournig “3145 RTV”

* 両製品とも弊社にて取り扱っております。



Memo.

ご不明な点、ご相談等ございましたらお気軽に
お問い合わせ下さい。

<https://www.tosoku.jp>

信頼と実績



株式会社 東測

〒249-0005 神奈川県逗子市桜山2-1-15

TEL 046-872-3023 FAX 046-871-4949