

取扱説明書

Rev 1.0

2009年11月



Based ON

IR02 manual ver. 0718

Edited & Copyright by:

Hukseflux Thermal Sensors

<http://www.hukseflux.com>

e-mail: info@hukseflux.com



Climater

クリマテック 株式会社
〒171-0014 東京都豊島区池袋 2-54-1 東拓ビル 4F

Tel 03 - 3988 - 6616
Fax 03 - 3988 - 6613
E-mail support@weather.co.jp
URL <http://www.weather.co.jp/>

警告：

警告と安全性について

IR02 は受動的なセンサーであり、原則として電源は必要としません(アンプ内蔵型を除く)。ただし、ユーザーが付属のヒーターを使用する場合、電源供給が必要です。

IR02 センサーの配線間に 12 ボルト以上の電圧を加えると、センサーへの永久的な損傷を与えることとなります。

目次

	記号 / 用語一覧	4
	概要	5
1	梱包内容の確認	7
1.1	部品の確認	7
1.2	計器の機能	7
2	計器原理	9
2.1	IR02 構造	9
2.2	センサー	9
2.3	ヒーターによる加熱	12
3	仕様	13
4	設置	15
4.1	設置	15
4.2	電気接続	16
5	寸法	17
6	メンテナンスとトラブルシューティング	18
6.1	メンテナンス	18
6.2	トラブルシューティング	19
6.3	データの品質確保	20
7	データ取得 / 増幅のための要件	21
8	付録	22
8.1	付録 ケーブル延長/交換	22
8.2	付録 赤外放射計の校正	23
8.3	付録 キャンベルロガーとの使用方法	23
8.4	オプション放射カバーの取付	24

記号/用語一覧

電圧出力	U	μV
感度	E	$\mu V/Wm^{-2}$
時間	t	s
応答時間	τ	s
温度	T	$^{\circ}C$
温度差	ΔT	K
電気抵抗/インピーダンス	R_e	Ω
赤外放射 (または 長波)	LW	W/m^2
太陽放射 (または 短波)	SW	W/m^2
放射の波長	n	nm
方向誤差	-	%

添字

pyrgeo	赤外放射計
sky	空
in	入力放射

概要

IR02 は、赤外放射（FIR）量を測定するセンサーです。主に、気象学上の屋外観測で使用されます。

IR02 は、屋内の環境においても使われます。たとえば、屋内の気象および建築物の物理的な研究などです。

このセンサーの科学的名前は赤外放射計です。IR02 は測定精度を高めるため、結露防止ヒータを内蔵しています。

IR02 は、平面に入射する赤外放射フラックス (W/m^2) を測定します。熱電堆（サーモパイルセンサー）を使用した電源を必要としない受動型センサーです。IR02 は、視野内にある物体と IR02 センサーとの間の赤外放射フラックスに比例した微小な電圧を発生します。IR02 の赤外線波長スペクトル感度はフラットです（4500 から 50000 nm）。

Pt100 温度センサーが IR02 センサー本体温度を推定するために内蔵されており、センサー温度（ボディー温度、本体温度ともいう）を補正することにより、対象物の真の射出赤外放射フラックスを求めることができます。対象物の赤外放射フラックスから対象物の輻射温度（空に向いている場合は、空の温度ともいいます）を求めることも可能です。

このセンサーは、一般的に使用されているデータ計測システムに直接接続して使用できます。

IR02 センサーは、一般的な気象観測に使用できます。通常の使用法では、屋外気象観測の一部として、日射計と組み合わせた赤外放射測定です。この測定では、水準をあわせることが必要です[図 1 参照：水平調整ネジ 水準器 付属]。IR02 センサーのケーブルは、ユーザーが簡単に取付け・交換が可能です。放射収支の測定には、NR01 放射収支計もご参照ください。

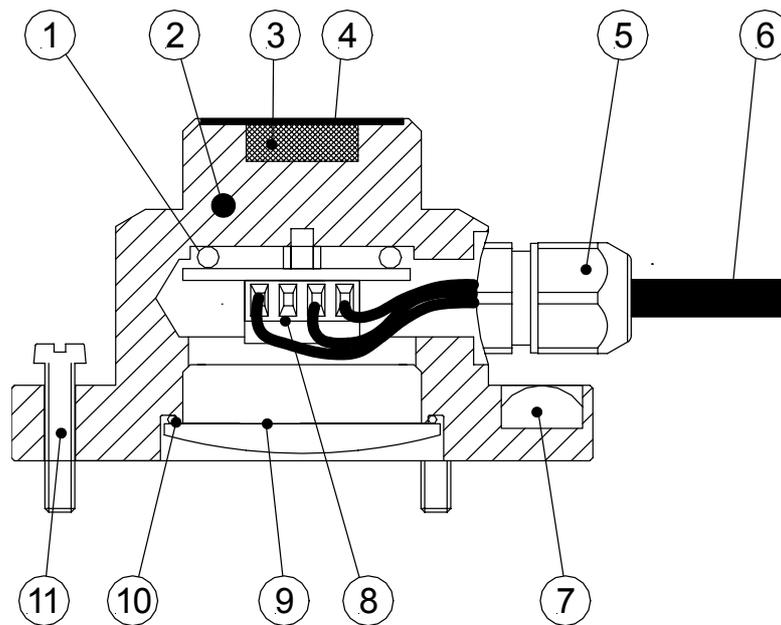


図 1 IR02 赤外放射計: ヒーター, Pt100 温度センサー, センサー, シリコンウィンドウ, ケーブルグランド, ケーブル, 標準長さ 10m(5 m), 水準器, ケーブルコネクター, ケーブル接続/交換用裏蓋, ゴム O-リング, 水平調整ネジ

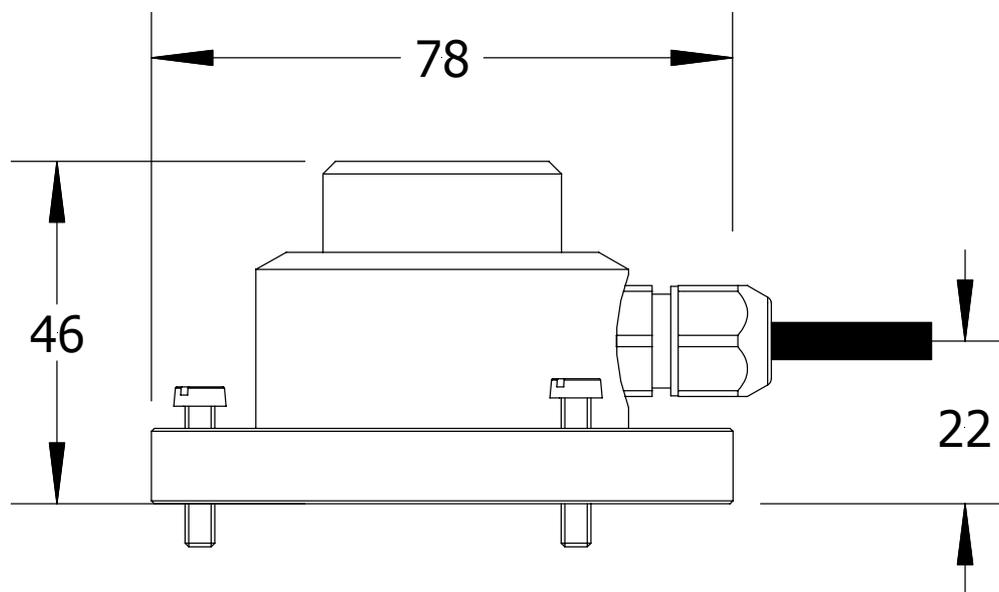


図 2 IR02 寸法. 標準ケーブル長さ 10m(5 m). ケーブルはユーザーが取り付け/交換可能。

1 梱包内容の確認

1.1 部品の確認

次の各部品がそろっていることを確認してください。：

- IR02 赤外放射計
- ご注文した長さのケーブル
- シリアル番号と一致している校正書
- ご注文のオプション部品

校正書は安全な場所に保管してください。

1.2 計器の機能

計器のテストは、テスター(マルチメーター)を用いて行うことができます。

4.2 節の電気接続を参照してください。

1 赤外放射計の基本チェック

1.1 ピンク(+)と 灰色(-)の配線間を測定して、センサーのインピーダンスをチェックします。テスターの 200 オームレンジを使用してください。最初にセンサーを測定後、極性を逆にして測定値を平均してください。ケーブルの標準的なインピーダンスは 0.1 オーム/m です。測定値は、センサーのインピーダンス 100-400 オームに 2 本のケーブルインピーダンス 3 オーム (各 10m) を合計した値になるはずですが、測定値が無限大の場合は開回路を示します。ゼロは短絡を示します。

1.2 センサーが熱に反応するかチェック

テスターを DC 電圧の測定最小レンジに設定してください (通常 100 mV レンジまたはそれ以下)。センサーに強い熱源をあてます。たとえば熱いコーヒーカップを 2 センチメートルの距離に近づけてください。電圧は数ミリボルトを示すはずですが (同様に、手のひらを近づけると 0 . 数ミリボルト上昇します)。

センサーをアルミホイルのような物で覆って、センサー温度を下げてください。センサーの電圧出力は下がり、1 分以内で 0mV に近づきます。

2 Pt100

2.1 Pt100 は 4 本のケーブルが接続されています； (+) と (+) の間の抵抗測定によりケーブルインピーダンスが求められます； 約 2 オーム、同 (-) と (-) も同様に測定可能です。

2.2 (+) と (-) の間のインピーダンスを測定します。結果は室温では約 100 ~ 110 オームあるはずですが。

3 ヒーター

3.1 ヒーターの抵抗（インピーダンス）は 約 90 オームあるはずです。

より詳細なインストールおよびトラブルシューティングは、6 章を参照してください。

データロガーのプログラミングおよび接続はユーザーの責任で行ってください。お客様のシステムで利用可能であるかどうかは、販売元へお問い合わせください。

2 計器原理

2.1 IR02 構造

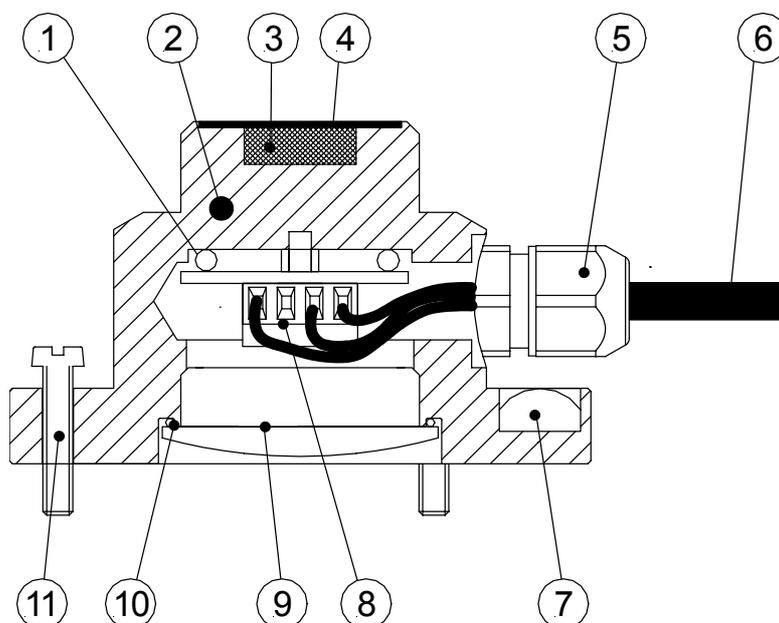


図 2.1.1 IR02 赤外放射計: ヒーター, Pt100 温度センサー, センサー, シリコンウィンドウ, ケーブルグランド, ケーブル, 標準長さ 10m(5 m), 水準器, ケーブル接続点, ケーブル接続/交換用裏蓋, ゴム O-リング, 水平調整ネジ

2.2 センサー

赤外放射計は、180 度の視野から遠赤外放射または長波放射フラックスを測定します。大気の長波放射スペクトルは約 4500nm から 50000nm まで広がっています。したがって、赤外放射計は、できる限り "フラット" なスペクトル感度で測定波長範囲をカバーする必要があります。

フラックス測定において、定義上、"ビーム" 放射への応答は、入射角のコサインに比例することが要求されます； すなわち、放射がセンサーに対して垂直に入射する時はフル応答(表面に対して、天頂の放射源(ソース)は 0 度の入射角)、放射が水平から来るときはゼロ応答(90 度の入射角)、そして 60 度の入射角の場合、0.5 の応答となります。

定義から、赤外放射計は理想的なコサインの特性に近い "方向特性" あるいは "コサイン特性" を持つべきであるということになります。

適切な方向特性とスペクトル特性を持つように、赤外放射計の主な構成は以下のようになっています。

1 黒色塗装熱電堆センサー

このセンサーは、すべての長波、短波放射を吸収して、300～50000nmの平坦なスペクトルをカバー、ほぼ完全なコサイン特性を持っています。

2 シリコンウインドウ（日射カット）

このウインドウは、150度の視野の間（理想的な180度でなく）、スペクトル応答を4500～50000ナノメートルに制限します（4500nmより低い部分をカットオフ）。ウインドウの別の機能として、対流から熱電堆センサーを保護しています。

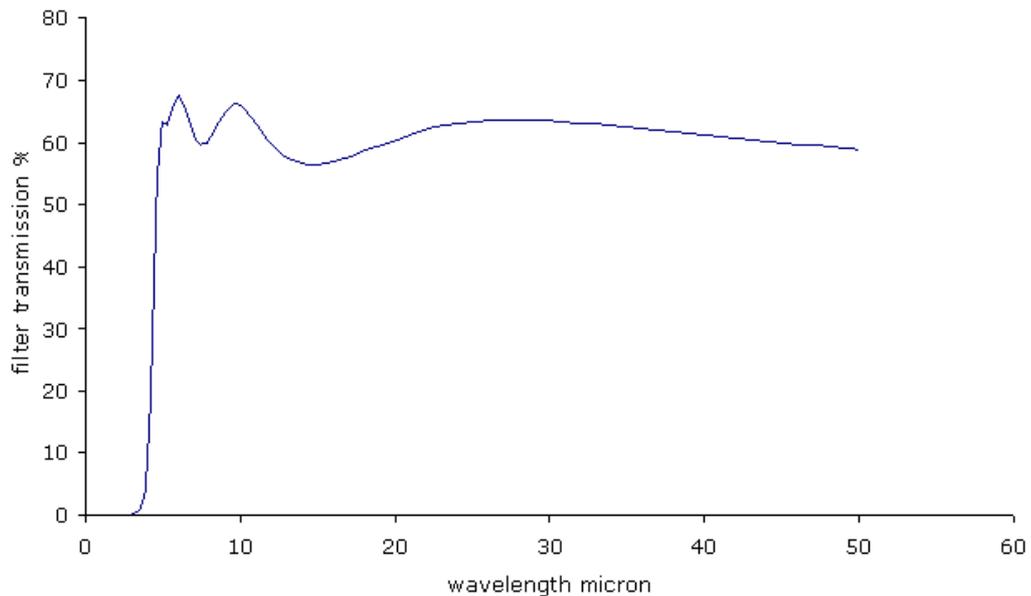


図 2.2.1 赤外放射計シリコンウインドウのフィルターの透過率

熱電堆センサーにおける黒のコーティングは長波放射を吸収します。この放射は、熱に変換されます。熱はセンサーを通してハウジングに流れます。熱電堆センサーはセンサーと対象物間の長波放射に比例した電圧信号を発生します。しかし、センサー自身も長波放射を放出します（黒体放射におけるプランクの法則による）、従って、赤外放射計の熱電堆信号出力は入力する放射から自身の放射をマイナスした値となります。自身の放射を推定するため、赤外放射計の温度は Pt100 温度センサーにより独立に測定されます。

入力長波放射量：

$$LW = (U / E) + 5.67 \times 10^{-8} (T_{pyrgeo})^4 \quad 2.1.1$$

T ケルビン温度

センサーの視野内にある物体の温度は、均一温度の黒体（放出係数 1 とする）と仮定すると計算することができます。

例えば、空の温度は、ケルビン温度で次式となります：

$$T_{sky} = (LW / (5.67 \times 10^{-8}))^{1/4} \quad 2.1.2$$

大気の大気放射 LW_{in} は本質的に 2 つの成分から成ります：

- 1 大気によりフィルタをかけられた宇宙からの低温放射。大気はこの放射を、いわゆる大気の窓領域では透過させます（約 10 ~ 15 μm の波長領域）。
- 2 大気構成ガス成分（空気）により射出されたより高温の長波放射。

下向きのセンサーは地表面を直接見ていると仮定され、通常黒体と仮定されます。

空は、第一の近似として、冷たい温度源（ソース）と考えられ、天頂で最も低い温度、地平線でより暖かくなります。この長波放射 LW の均一性は、太陽放射の短波放射領域（SW）よりもよい結果となります。短波放射領域では太陽がその不均一性の主たる原因となっています。

センサー水平面に対する地平線付近の長波放射の寄与率が小さいことを考えると、赤外放射計が 150 度の視野でも、かなりよい測定が行えることを説明しています。

IR02 の主たる測定エラーは、下表に要約されます。

方向特性のエラーは、不完全な視野により起因しています。

シリコンウィンドウ加熱オフセットは太陽放射の加熱により、プラスのセンサーオフセットを発生します。

表 2.2.1 長波放射出力信号での主な測定エラー

ソース	最大エラー
方向特性	8 W/m ² at -100 W/m ² LW
ウィンドウ加熱オフセット	+15 W/m ² at 1000 W/m ² SW _{in}

温度依存特性	± 5 % (全てのレンジ)
--------	----------------

赤外放射計は ISO または WMO によってクラス分類されていません。

2.3 ヒーターによる加熱

赤外放射計の本体にはヒーターが内蔵されています。ヒーターの目的は、夜間の結露・結霜を避けることです。必要であれば、リレーとタイマーにより、日暮後だけ加熱することが推奨されます（日射量が 20 W/m^2 未満）。

3 仕様

IR02 は、センサー平面に入射する赤外放射フラックス (W/m^2) を測定します。熱電堆を使用した電源を必要としない受動型センサーです。IR02 は、視野内にある物体と IR02 センサーとの間の赤外放射フラックスに比例した微小な電圧を発生させます。IR02 は測定赤外放射の波長範囲にフラットな応答特性を有します (4500 から 50000 nm)。

IR02 の本体には、結露防止用ヒーターが取り付けられています。ヒーターを使用する場合、ユーザーは電源を供給する必要があります。

表 3.1 仕様 IR02 (次ページへ続く)

IR02 仕様	
ISO / WMO 等級	適用外
応答時間 95 % レスポンス	18 s
ウィンドウ加熱オフセット (1000 W/m^2 放射に対して)	< 15 W/m^2
ゼロオフセット b (5 K/h 任意温度変化に対して)	<4 W/m^2
安定性	< 1%/年
直線性	< $\pm 2.5\%$ (-250 to +250 W/m^2 : +150 W/m^2 の校正に対して)
視野	150 度
スペクトル選択性	なし
温度応答 (50 範囲)	6%以内 (-10 to +40)
傾斜特性	< $\pm 2\%$
測定温度範囲	-40 to +80
T_{pyrgeo} 測定	Pt100 DIN class A (JIS A 級相当)
T_{pyrgeo} 精度	± 1 以内
ヒーター	90 , 1.6W @ 12 VDC

表 3.1 仕様 IR02 (続き)

IR02 測定仕様	
感度	5 - 15 $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$
出力電圧/ レンジ	-5 to +5 mV / -150 to +150 W/m^2
センサ抵抗	100 ~ 400
電源供給	なし (受動型センサー)
測定レンジ	-1000 to +1000 Wm^{-2}
標準ケーブル 長さ/直径	10m (5m) / 6 mm
ケーブルグランド	ケーブル直径 3 ~ 6.5 mm
ケーブル交換	ユーザーにより取り付け / 取り外し可能
測定波長範囲	4500 to 50000 nm (50% 透過ポイント)
測定方法	1 差動電圧測定チャンネル または 1 シングルエンド電圧測定チャンネル 1 Pt100 温度センサーチャンネル
水準器	水準器と水平調整用ネジ付属
換算方法	$LW = (U / E) + 5.67 \times 10^{-8} T^4$ (絶対放射量), T は Pt100 により測定 $LW = U / E$ (正味の長波放射量の場合)
一日合計の精度	$\pm 10\%$
重さ	0.3 kg (10m(5m)のケーブルを含む)
校正	
校正トレーサビリティ	International temperature standard ITS 90
校正コンディション	At +150 Wm^{-2} (代表値). 野外
推奨校正間隔	2 年毎
オプション	
ケーブル延長	ご要望に応じて、標準以外のケーブルを供給できます。追加ケーブル長を指定してください
上下測定用金具	AMF01
放射カバー	本体の放射カバー

4 設置

4.1 設置

IR02 は通常水平に設置されますが、傾斜面、または逆さまの位置にも設置できます。

すべての場合において、センサー面に平行な表面に入射するフラックスを測定します。

表 4.1.1 IR02 推奨設置方法

機械的な取り付け	フランジの穴を使用してください。
視野	視野内に対象物以外の物がはいらないようにしてください。
水平	水平に取り付ける場合、付属する水準器を使用してください。
方向	北半球は南側、南半球は北側
高さ	通常の上向き測定の場合は、2 mの高さ、逆さまに設置する場合、地上面から1.5メートルの高さがWMOにより推奨されています。(良い空間的平均化を得るため)
傾き	IR02 は通常水平に設置されますが、いくつかの応用として、傾いた位置に設置できます。 すべてのケースにおいて、センサー表面と平行した面に入射したフラックスを測定します。

上下の赤外放射を測定する必要がある場合、下図のように設置してください。

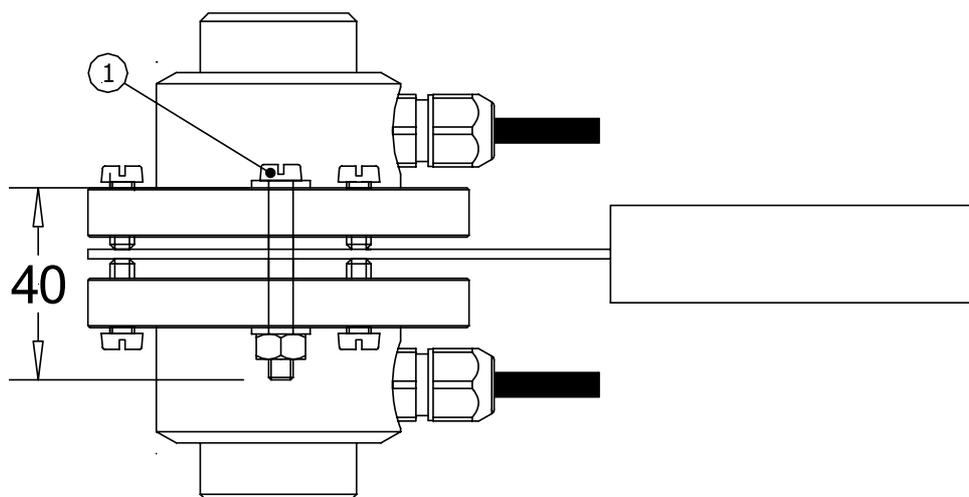


図 4.1.1 上下の赤外放射測定のため、IR02 は背中合わせに取り付けます。両センサーを一緒に固定するボルト。

4.2 電気接続

IR02 を動作させるためには、測定システム（通常データロガーと呼ばれます）に接続します。

IR02 は、電源を必要としない、受動型センサーですが、結露防止用ヒーターを使用する場合、ユーザーは、電源を供給する必要があります。

Pt100 は、一般に 4 線にて接続されますが、3 線でも使用することができます。

ケーブルは一般的に、静電容量性の雑音を拾うことによって、信号ひずみの源として作用します。したがって、データロガーまたはアンプとセンサ間は、できる限り短くすることが推奨されます。ケーブル延長に関しては、付録を参照してください。

表 4.2.1 IR02 電気接続

PCB	ケーブル色	信号
1	赤	Pt100 [+] A
2	白	Pt100 [+] A'
3	青	Pt100 [-] B
4	緑	Pt100 [-] B'
5	茶	ヒーター 1.6W @12VDC
6	黄	ヒーター 1.6W @12VDC
7	黒	グラウンド
8	桃	IR [+] 出力
9	灰	IR [-] 出力

5 寸法

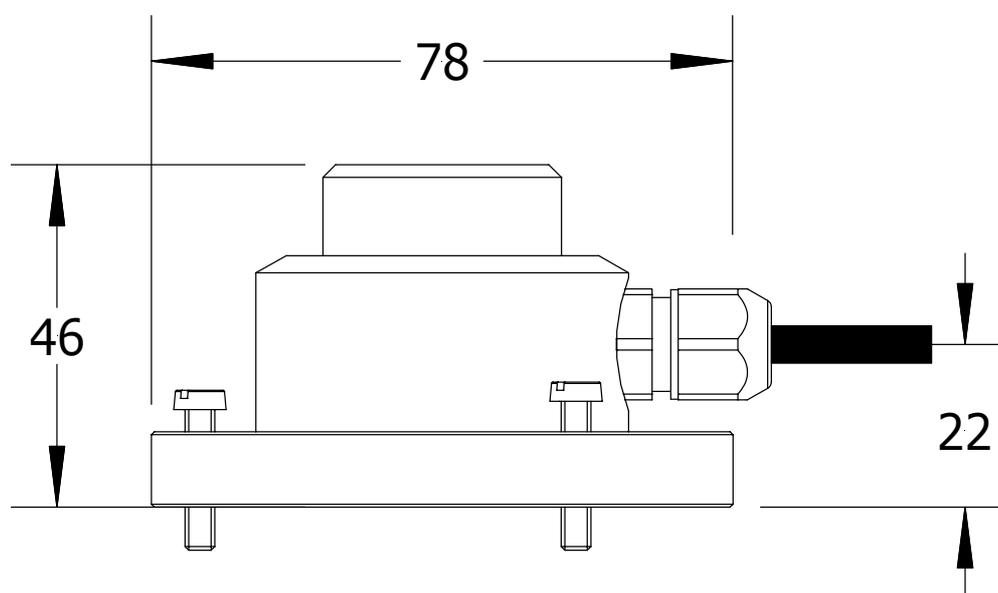


図 5.1 IR02 寸法 (mm)

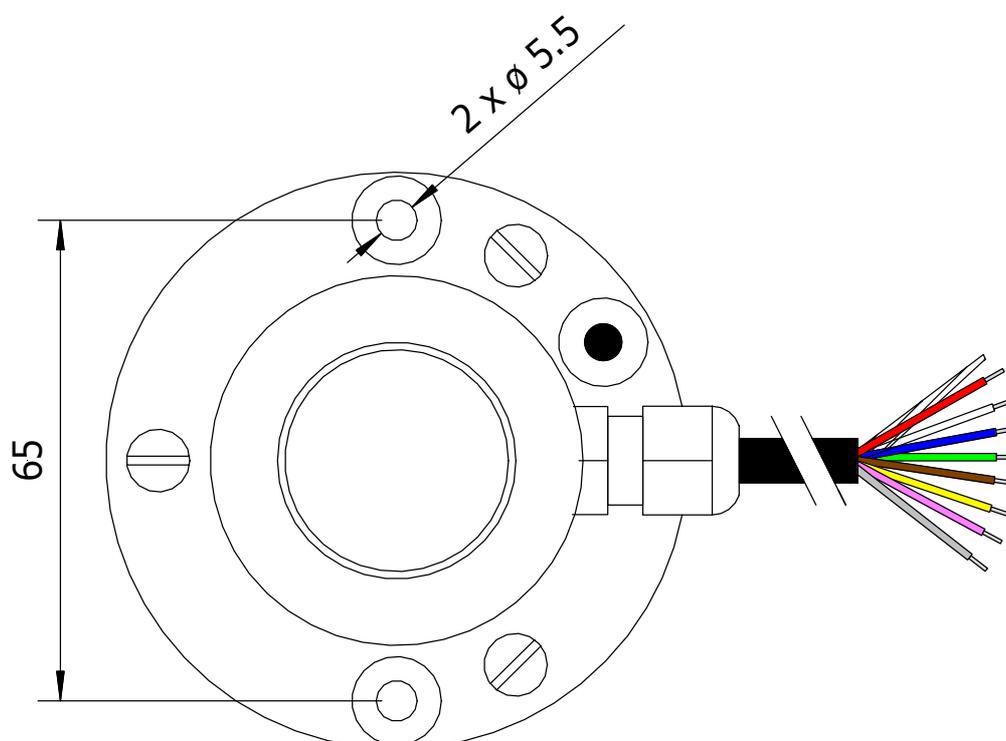


図 5.2 IR02 平面図 (mm)

6 メンテナンスとトラブルシューティング

6.1 メンテナンス

一度設置された IR02 は、基本的にはメンテナンスフリーです。通常、故障の症状は、異常に大きいまたは小さい測定値に現れます。

一般的には、日頃の測定データのチェック(精査)が最も良いメンテナンス方法であることを意味します。

一定の間隔を置いてケーブルの品質をチェックしてください。

2年毎に、屋内の施設で校正を行ってください(購入業者にご相談ください)。

表 6.1.1 IR02 推奨メンテナンス

データ精査
蒸留水によるシリコンウィンドウの洗浄
水平の検査 (センサーの傾きの変化)
ケーブルの接続点検
再校正:2年毎

6.2 トラブルシューティング

この章ではセンサーが正常に機能しない場合、その原因を診断するための情報です。電気接続については表 4.2.1 を参照してください。

センサーの誤動作は、熱電堆センサーまたは、Pt100 温度センサーにより発生する可能性があります。

表 6.2.1 IR02 トラブルシューティング

<p>センサ信号が出力されない</p>	<p>” 1.2 計器の機能 ” を参照して、テストしてください。一般に、エラーは、短絡または断線に起因しています。どちらの場合もケーブルの両端で抵抗（インピーダンス）を測定することにより検出できます。 抵抗無限大の場合：計器を開き、内部の接続をチェックしてください。また、ケーブルの断線をチェックしてください。 抵抗が数オームの場合：ケーブルが切れて短絡していないか、センサー内部、計測器部分で短絡していないかチェックしてください</p>
<p>センサー信号が異常に高いまたは低い</p>	<p>正しい校正係数が校正式に入れられているかチェックしてください。各センサーには、それ自身の個々の校正係数があります。 電圧の読取値が校正係数で割られているかチェックしてください。 ロガーへのケーブル接続状態をチェックしてください。ケーブルの断線がないかをチェックしてください。 データロガーのレンジをチェックしてください;センサー出力はマイナスもあります。または、測定範囲が小さい（大きい）かもしれません。 データロガー、計測装置に対して、キャリブレーターにより mV 電圧を与えて、正しく計測するかをチェックして下さい。</p>
<p>センサー信号がいちじるしく変動する</p>	<p>電磁放射の強い発信源がないかチェックしてください。(レーダー、ラジオなど) センサー、ケーブルのシールドの状態をチェックしてください。 センサケーブルの状態をチェックしてください。 計器を開き、内部の接続をチェックしてください。</p>

6.3 データの品質確保

データの品質確保は、以下により行います

- 赤外放射計の温度補正していない出力は、本体温度の影響を受けています。対象物の赤外放射量を算出するためには、必ず本体温度で補正します。
- 生電圧出力信号のトレンド分析。
- 信号の急変を検出。長波放射 LW 信号の時間定数は一般に数分の範囲にあるため、鋭い変化はない。
- 昼間と夜間の空の温度を比較。空の温度は、周囲温度と平行したゆるやかな変化を示す。

基本的には、どのような非現実的な値にでも注意する必要があります。

データスクリーニングを自動的に行うプログラムがあります；
<http://www.dqms.com>を参照してください。

7 データ取得 / 増幅のための要件

表 7.1 データ収集 / 増幅のための要件

マイクロボルト信号を測定する機能	推奨: 5 マイクロボルト精度 必要最小限: 20 マイクロボルト精度 (予期される温度範囲の全部に渡り、データ収集 / アンプの両方)
Pt100 読出機能	4-線接続または 3 線接続 精度: 1
データロガーまたはソフトウェアの機能	4-線 Pt100 信号と IR センサーからのマイクロボルト信号を測定、データ格納、式 2.1.1 の LW 放射量を計算できる能力。 温度補正は、平均化できないので、時々刻々補正する必要がある。 オプション: ヒータ使用時の電源供給。

8 付録

8.1 付録 ケーブル延長/交換

IR02 は 1 本のケーブルで供給されます。 データロガーまたはアンプとセンサ間は、できる限り短く保つことが推奨されます。 ケーブルは一般的に、容量性の雑音を拾うことによって、ひずみの源として作用します。 しかしながら、IR02 ケーブルは少しの問題もなく 100 メーターまで延長することができます。 延長した場合、センサ信号は小さいのですが、センサインピーダンスが非常に低いので、著しい減衰はありません。 ケーブルと接続仕様について以下に示します。

注意：IR02 の本体は、新しいケーブルの内部接続のために使われるコネクタブロックを含んでいます。 通常、既存のケーブルを拡張するより新しいケーブルを接続するほうが容易です。

表 8.1.1 IR02 ケーブル延長の仕様

ケーブル	8-線シールド, 銅線
ケーブル抵抗	0.1 Ω /m 以下
直径	(推奨) 6 mm
外被	(推奨) ポリウレタン (屋外用途にて良い安定性のため)。
接続	オリジナルのセンサーケーブルに新しいケーブルの芯線とシールドをそれぞれ半田付けしてください、そして、収縮チューブ、ビニールテープ、ブチルテープを用いて防水して下さい。または、防水コネクタを使用して下さい。

8.2 付録 赤外放射計の校正

フラットウィンドウ赤外放射計の校正には、公式な標準がありません。ゆえに、フクセフルックス社製赤外放射計は、国際的な温度標準にトレースしています。フクセフルックス社は、赤外放射計を均質一定室温の黒体と比較校正します。

野外での赤外放射計の再校正は、一般的に、リファレンス用赤外放射計との比較により行われます。

- 1 まず第一に、Pt100 温度測定の精度が確保される必要があります。経験則として、0.5 が測定エラーの最大許容範囲です。センサーの温度測定エラーは、感度計算のエラーに直接的な結果を及ぼします。

野外で相互比較を行うため、フクセフルックス社の主な推奨方法を以下に示します：

- 2 同じブランドとタイプの赤外放射計と比較する（少なくともフラットウィンドウタイプ）,
- 3 電子機器の誤差(またはオフセット)を除去するため、両方とも同じ電子機器に接続する,
- 4 望ましくは、計器を同じ温度条件にするため、同じ台に取り付ける,
- 5 電子機器が独自に校正されると仮定して、以下の内容が示されます:
 - 5.1 空の温度がセンサー温度より 10 以上低い状況にするため、晴天の状況で比較する,
 - 5.2 1 時間または 1 日の合計を比較する,
 - 5.3 10 分の平均値を取って、2 つの空温度の出力信号間における相関関係を使用して相対的な校正を決定してください,
- 6 一般的に、空の温度が継続的に 1 以上異なる場合、修正されるべきです。それ以下は許容範囲です。

8.3 付録 キャンベルロガーとの使用方法

一般的に、Pt100 は 4 線 Pt アダプター 4WPB100 により接続します。この接続には、2 つの差動チャンネルを必要とします。

Hukseflux NR01 または Kipp & Zonen 's CNR1 用のプログラムを参照してください。

8.4 オプション放射カバーの取付

IR02用の放射カバーは、標準では付属していません。購入は可能ですが、センサー使用において必須ではありません。IR02は、放射カバー無しでも仕様範囲内の精度で動作することが予想されています。

放射スクリーンは、六角レンチ（ボルトサイズ2.5mm）で取り付け/取り外しができます。下図を参照してください。

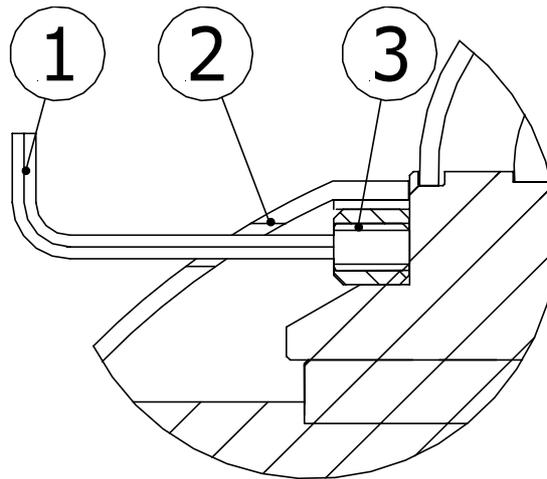


図 8.4.1 放射スクリーンの取り付け/取り外し： 六角レンチ、放射スクリーン
) 六角止めネジ

CE 適合宣言



According to EC guidelines 89/336/EEC,

We: Hukseflux Thermal Sensors

Declare that the product: IR02

is in conformity with the following standards:

Emissions:

Radiated: EN 55022: 1987 Class A

Conducted: EN 55022: 1987 Class B

Immunity:

ESD IEC 801-2; 1984 8kV air discharge

RF IEC 808-3; 1984 3 V/m, 27-500 MHz

EFT IEC 801-4; 1988 1 kV mains, 500V other

Delft

May 2007

