

取扱説明書

Rev 1.0
2020年5月



Based ON

SR20 manual取扱説明書 ver. 1915

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4-2-11 CTビル6F

Tel 03-3988-6616

Fax 03-3988-6613

E-mail support@weather.co.jp

URL <http://www.weather.co.jp/>

警告



センサの配線間に12 ボルト以上の電圧を加えると、センサへの永久的な損害を与えることになります。



センサから計測信号出力時回路は開放状態にしないで下さい。

目次

内容

警告	2
目次	3
記号一覧.....	4
概要	5
1 注文及び発送時の確認	7
1.1 SR20 の注文.....	7
1.2 梱包品項目	7
1.3 簡易機器動作確認	8
2 機器の原理と理論	9
3 SR20の仕様	12
3.1 SR20の仕様	12
3.2 SR20の寸法.....	15
4 機器使用のための標準と推奨プラクティス	16
4.1 分類基準	16
4.2 太陽放射測定の一般的な使用	16
4.3 日照時間測定用一般使用	16
4.4 屋外PVシステム性能試験用の特定の用途.....	17
4.5 気象学・気候学における特定の用途	17
5 SR20の設置	18
5.1 観測サイトの選択と設置.....	18
5.2 放射スクリーンのインストール.....	19
5.3 電気配線	20
5.4 出力データ取得/増幅のため要求	21
6 信頼できる測定を行う	22
6.1 信頼性の概念	22
6.2 計測の信頼性	23
6.3 修理とメンテナンスのスピード.....	24
6.4 不確かさ評価	24
6.4.1 屋外条件下での測定の不確かさ性評価	25
6.4.2 キャリブレーションの不確かさ	26
7 メンテナンスとトラブルシューティング	27
7.1 メンテナンスの推奨と品質保証.....	27
7.2 トラブルシューティング.....	28
7.3 フィールドでの校正とチェック.....	29
7.4 データ品質保証	30
8 付録.....	32
8.1 ケーブル延長 / 交換に関する付録.....	32
8.2 SR20用ツールの付録	33
8.3 SR20用スペアパーツの付録	33
8.4 分類および校正の標準に関する付録	34
8.5 校正の階層に関する付録.....	35
8.6 気象放射線量に関する付録	36
8.7 ISO および WMO 分類テーブルの付録.....	37
8.8 日射計仕様の定義に関する付録.....	38
8.9 用語集/用語集に関する付録	39
8.10 温度への抵抗変換に関する付録.....	40
8.11 EU適合宣言	41

記号一覧

項目	シンボル	単位
電圧出力	U	V
感度	S	V/(W/m ²)
基準条件での感度	S ₀	V/(W/m ²)
温度	T	°C
電気抵抗	R _e	Ω
日射量	E	W/m ²
太陽放射露光	H	W-h/m ²
時間	h	H
温度係数	a	1/°C ²
温度係数	b	1/°C
温度係数	c	-
Pt100の抵抗	R _{Pt100}	Ω
Pt100係数	A	
Pt100係数	B	
10 kΩサーミスタ抵抗値	R _{thermistor}	Ω
スタインハート-ハート係数	α	
スタインハート-ハート係数	β	
スタインハート-ハート係数	γ	

(気象学的項目については、付録8.6も参照)

添字

摘要なし

概要

SR20はISO 9060システムの中で最も高いカテゴリに分類される2次標準全天日射計です。SR20全天日射計は、最高の測定精度が要求される場所での使用に適しています。

SR20は水平面に入射する太陽光 (W/m^2) を180°視野角で測定します。SR20は最高の測定精度を達成することを可能にし、要求の厳しい環境での使用に適しています。

W/m^2 で表される測定値は「半球から入射する」太陽放射と呼ばれます。SR20日射計は、屋内でのランプベースのソーラシミュレータと同様に屋外での太陽の下で使用することができます。

SR20の取付け向きは用途に応じて、水平、傾斜(アレイ放射の平面)または反転(反射放射の場合)での取付けが可能です。また適切なソフトウェアとの組み合わせで、日照時間の測定も可能となります。

SR20を使用するのは簡単です。一般的に使用されるデータロギングシステムに直接接続できます。放射照度 E (W/m^2) は微小電圧 U を感度 S で徐算することによって計算されます。感度はSR20に付属の校正証明書に明記されています。

SR20 換算式 $E = U/S$ (式 0.1)

SR20の低温依存性は非常に小さく、低温から高温条件の下での使用に適しています。温度依存性は各機器単体により異なるため、すべての個々の機器の温度依存性はテストされており、かつ2次多項式として提供されます。この情報は後処理時の温度依存性をさらに低減するために使用できます。器械のボディ温度から感度を補正する場合の測定方程式は次のようになります。:

$E = U/(S_0 \cdot (a \cdot T^2 + b \cdot T + c))$ (式 0.2)

温度係数 a 、 b 、 c は、各機器の校正証明書に記載されています。

SR20は内部温度センサが装備されています。これは、Pt100(T1バージョン)または10 k Ω サーミスタ(T2バージョン)のいずれかを選択できます。 Ω 抵抗値から摂氏温度を計算するには、8.10.1または8.10.2を使用することができます。これらの方程式については、このマニュアルの付録の専用の章を参照してください。

組み込まれたヒーターは早朝の露の堆積によって引き起こされる測定のエラーを低減します。この機器は、ISO、WMO、ASTMの推奨慣行に従って使用する必要があります。



図 0.1 SR20 2次標準の全天日射計 (放射を取り除いた)

SR20 の推奨用途：

- PVシステムのパフォーマンス監視
- 科学気象観測
- 比較用の基準器械
- 環境の厳しい気候下(熱帯/極性)
- 日照時間測定

ASTM E2848「Standard Test Method for Reporting Photovoltaic Non-Concentrator System Performance」(2011年末発行)は、日射計がPVシステム性能モニタリングに適した機器であることが確認できます。SR20日射計は、この規格の要請に適合します。詳細については、当社の日射計選択ガイドを参照してください。

WMOは、気象機器と観測方法ガイドWMO-8で日射計測定から太陽の光の日照時間を計算する「ピラノメトリック法」を承認しました。これは、SR20が適切なソフトウェアと組み合わせて使用されることにより日照時間を推定することを意味します。これは、専用の日照時間センサを使用するよりもはるかに費用対効果が高くなります。アプリケーションノートを参照してください。

SR20の出力はアナログです。モデルSR20-D2 は、一般的に使用される、2線式RS-485上のModbus RTU経由でデジタルとアナログ4-20 mA出力(電流ループ) の2種類の出力が可能です。

このユーザーマニュアルは、SR20の使用について説明します。モデルSR20-D2、ModbusRTUと4-20 mA出力を備えたデジタル2次標準日射計の仕様は、SR20のものとは異なります。SR20-D2の使用については、SR20-D2ユーザーマニュアルを参照してください。

1 注文及び発送時の確認

1.1 SR20 の注文

SR20の標準的な構成は10メートルケーブル長になります。

一般的なオプションは次のとおりです。

- 延長ケーブル(5メートルの倍数)。ケーブルの全長の指定。
- 内部温度センサ。Pt100または10 k Ω サーミスタのいずれかを選択。
T1 または T2 のどちらかを特定。
- SR20乾燥剤ホルダー用の気密袋に入ったシリカゲルバッグ（5個入り）。
注文番号 DC01。
- VU01換気ユニット。

1.2 梱包品項目

配送時の梱包品には以下が含まれます。

- 日射計 SR20
- 放射スクリーン
- 注文時指定頂いた長さのケーブル
- 機器のシリアル番号に一致する校正証明書
- 機器のシリアル番号に一致する製品証明書(温度応答と方向応答テストを含む)
- 注文時指定された他のオプション

証明書は安全な場所に保管してください。

1.3 簡易動作確認

テスターとランプを使用して、簡易的な動作試験を行うことができます。

1. 緑色(-)と白(+)の線間のセンサの電気抵抗を確認します。1000 Ω の範囲でテスターを使用します。最初に1つの極性でセンサ抵抗値を測定します。次に逆方向の極性での抵抗値を測定します。次にその平均値を取ります。標準的な抵抗値は0.1 Ω/m です。標準的なセンサの抵抗は100Ωから200 Ωとなります。また10mケーブルの抵抗1.5Ω (行と帰り分) が足されず。抵抗が無限となった場合は開回路を示します。ゼロは短絡を意味します。
2. センサが光に反応するか確認してください: テスターを最も感度の高いDC電圧測定範囲(通常は 100×10^{-3} VDC範囲以下)に設定します。センサを強い光源(例えば100 Wの電球、0.1 mの距離)に露出させます。テスターの値は $> 2 \times 10^{-3}$ Vを示すはずでず。遮光の状態にするには、センサの上に何かを置くか、光源をオフにします。電圧出力が下がり、1分以内に0Vに近づくはずでず。
3. 水準器で平行レベルを検査します。
4. 機器に破損がないか確認します。
5. 湿度インジケータが青色かどうかを確認します。青は乾燥を示します。ピンク色は湿度が高いことを示しています。ピンク色の場合は乾燥剤を交換してください(メンテナンスに関する章を参照)。

2 機器の原理と理論

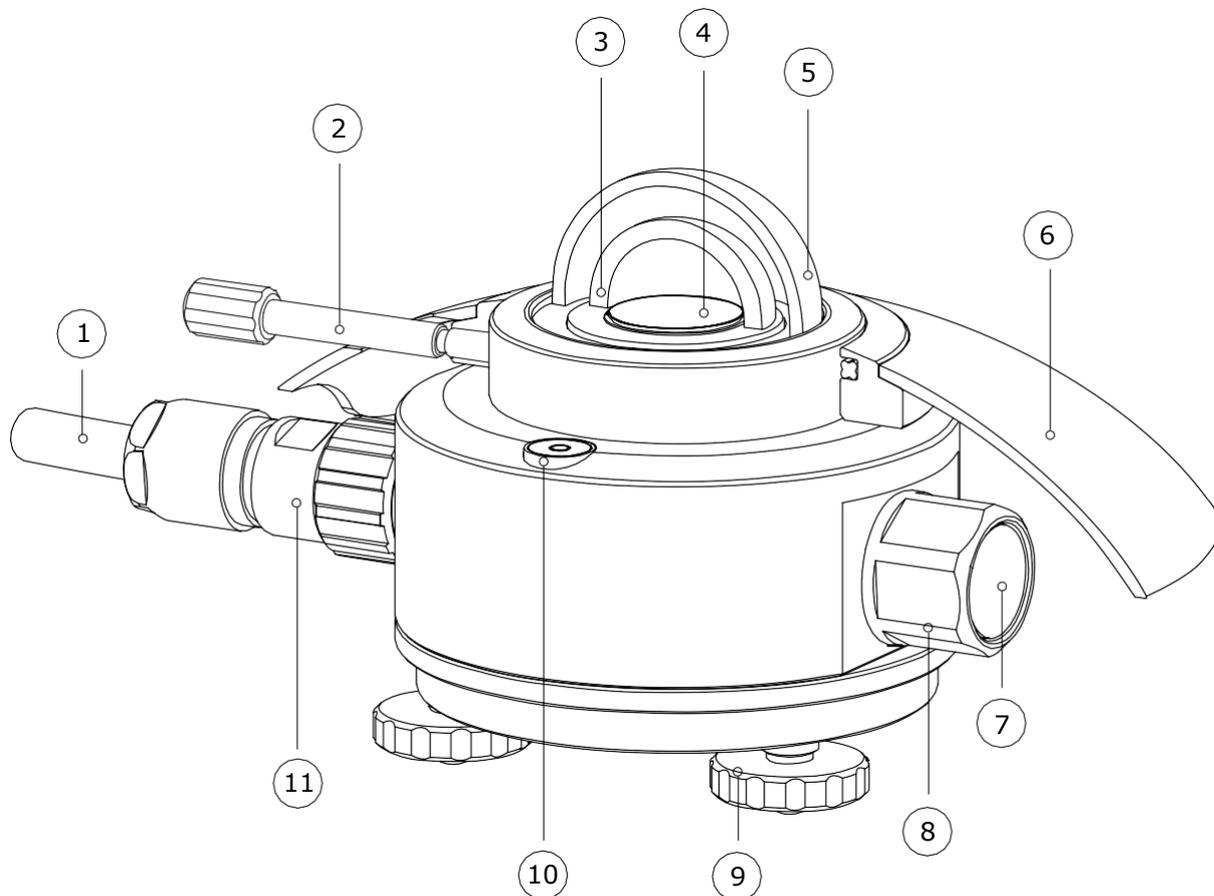


図 2.1 SR20 の概要:

- (1) ケーブル (標準長さ5メートル、延長ケーブルオプション)
- (2) 放射の固定 (つまみねじ)
- (3) 内側のドーム
- (4) 熱センサ (黒コーティング)
- (5) アウタードーム
- (6) 放射スクリーン
- (7) 湿度インジケータ
- (8) 乾燥剤ホルダー
- (9) 水準調整用足
- (10) バブルレベル (水準器)
- (11) コネクタ

SR20の学名は日射計です。日射計は、180° 視野角から平面で受けた太陽放射を測定します。W/m²で表されるこの量は、半球の太陽放射と呼ばれます。太陽放射スペクトルは、およそ 285 から 3000 x 10⁻⁹ mの範囲でのエネルギーが集中します。定義上、全天日射計は感度が可能な限り波長範囲全域わたり「フラット」なスペクトル感度である必要があります。

放射照度測定では、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。すなわち太陽放射が垂直にセンサに対して垂直に入射するときは完全な応答を有する必要があります(表面に垂直、天頂の太陽の角度は0° 度)、太陽が地平線上にあるときにゼロ応答(発生角90° の入射角)、および60° の時には50%の応答となります。

日射計は理想コサイン特性にできるだけ近い「方向応答」を持つべきです(古い文書は「コサイン応答」と明記)。

適切な指向性およびスペクトル特性を達成するために、日射計の主な構成は次のとおりです。

- 黒いコーティングが付いた熱センサは200から50000 x10⁻⁹ mの範囲をカバーするフラットなスペクトルを有し、ほぼ完全な方向応答をもっています。コーティングは、すべての日射を吸収し、吸収の瞬間に熱に変換します。熱はセンサを通してハウジングに流れます。サーモパイルセンサは太陽放射に比例する電圧出力信号を発生します。
- ガラスドーム：ガラスドームは、スペクトル範囲を285から3000 x10⁻⁹ m(3000 x10⁻⁹ m以上の部分はカットオフ)に制限し、視野角を180° 保持します。ドームのもう一つの機能は、それが周囲環境からサーモパイルセンサを保護することです(対流, 雨)。
- 2番目の(内側の)ガラスドーム：2次標準の日射計には2ドームタイプが使用されます。単一ドームのタイプは使用されません。この2ドーム構造は追加の「放射シールド」と組み合わせることにより、単一のドームを使用することと比較するとセンサと内側のドームの間のよりよい熱平衡をもたらします。2番目のドームを持つことの効果は、器械のオフセットの強い減少効果があります。

全天日射計は、生産中に異なる仕様と異なるレベルの検証と特性に製造することができます。ISO 9060-1990規格「太陽エネルギー - 全天日射と直接日射を測定するための機器の仕様と分類」は、3つのクラス、2次標準(最高精度)、ファーストクラス(2番目に高い精度)とセカンドクラス(第3番目に高い精度)を区別します。

セカンドクラスからファーストクラス、ファーストクラスから2次標準まで、達成可能な精度は因子2によって向上します。

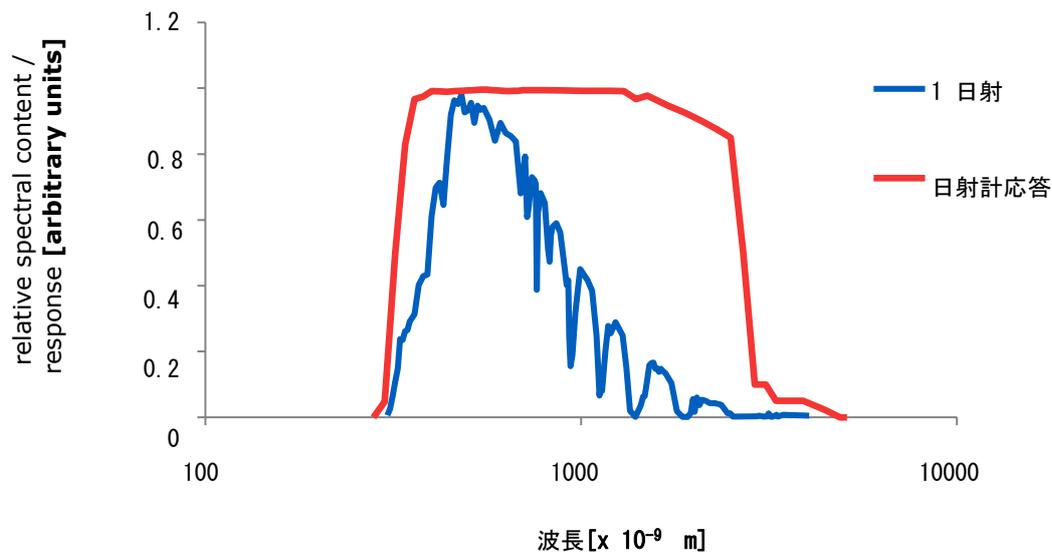


図2.2 全天日射のスペクトル応答太陽スペクトラルの比較。全天日射計は太陽スペクトル全体のごくわずかの部分のみを遮断します。

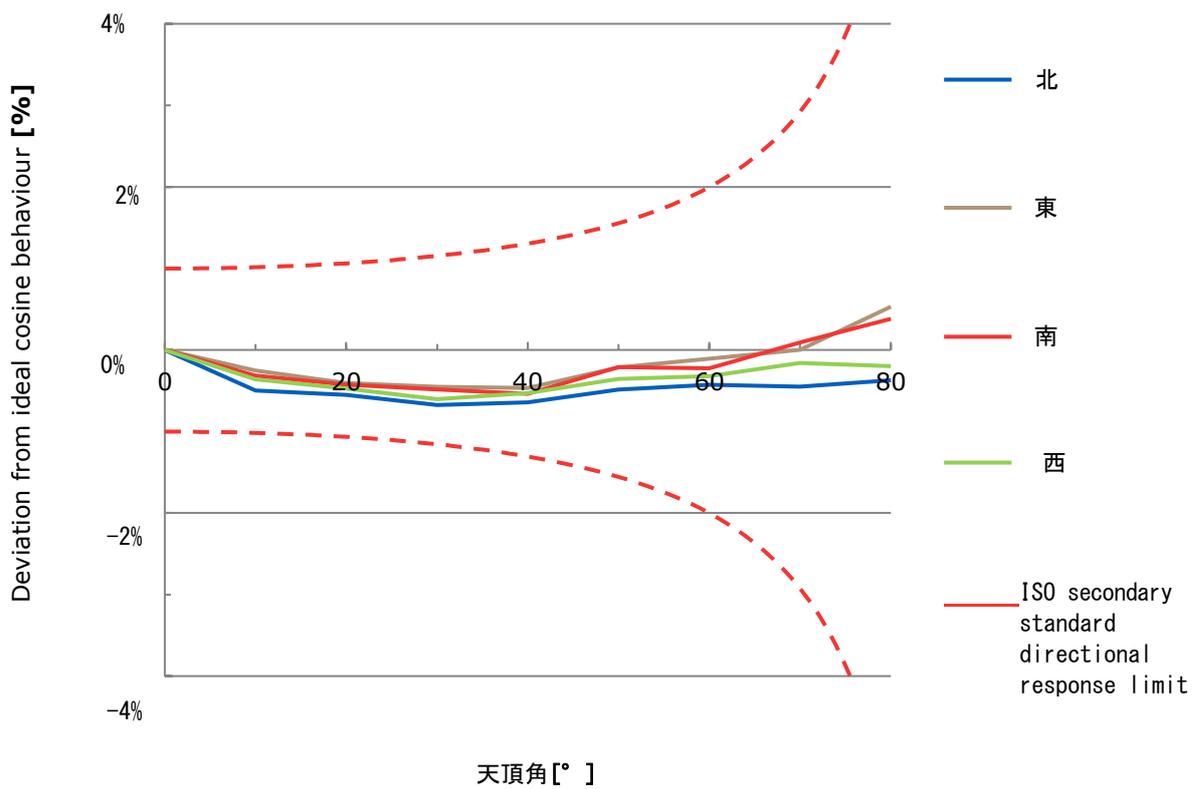


図 2.3 SR20 日射計の4方位角の応答（2次標準基準リミットとの比較）

3 SR20の仕様

3.1 SR20の仕様

SR20はISO 9060システム分類の最も高いカテゴリに位置する2次標準の日射計です。これは、視野角の180度から平面表面によって受け取られる太陽放射を測定します。W/m²で表されるこの量は、半球状の日射量と呼ばれます。サーモパイルセンサを使用して完全受動で動作するSR20は、日射フラックスに比例した微小な出力電圧を発生します。適正な測定システムと組み合わせてのみ使用できます。

SR20には、オンボードヒーターと温度センサがあります。センサを加熱し本体の温度を測定します。その温度応答から補正かけることにより測定の信頼性と精度を向上します。ただし、これらの機能を使用しない場合も、SR20は2次標準要件に準拠しています。この装置は、ISO、IEC、WMO、ASTMの推奨慣行に従って使用する必要があります。

表 3.1.1 SR20 の仕様 (次のページに続く)

SR20測定仕様: ISO 9060* の分類基準の一覧	
ISO分類 (ISO 9060:1990)	二次標準全天日射計
WMOパフォーマンスレベル (WMO-No. 8、2008年 第7版)	高品質の日射計
応答時間 (95%)	4.5 s
200 W/m ² 正味熱放射に対する応答	< 5 W/m ² ファン通風なし < 2.5 W/m ² ファン通風あり
任意温度における5 k/h変化に対する応答	±2 W/m ²
非安定性	< ± 0.5 % の経年変化
非直線性	< ± 0.2 % (100 ~ 1000 W/m ²)
方向応答	±10 W/m ²
機器個体の方向応答テスト	レポートが含まれています
スペクトル感度	< ± 3 % (0.35 ~ 1.5 x 10 ⁻⁶ m)
温度応答	< ± 1 % (-10 ~ +40 °C) < ± 0.4 % (-30 ~ +50 °C) データ修正処理
機器個体の温度応答	レポートが含まれています
チルトレスポンス	< ± 0.2 % (0~90° 1000 W/m ²)において)

*日射計ISO 9060仕様の正確な定義については、付録を参照してください。

表 3.1.1 SR20 の仕様 (続き)

SR20 追加仕様	
測定	全天日射放射
SI放射計単位の測定	日射値 W/m ²
オプションの測定	日照時間
視野角	180°
測定範囲	0~4000 W/m ²
感度範囲	7~25 x 10 ⁻⁶ V/(W/m ²)
感度(標準)	15 x 10 ⁻⁶ V/(W/m ²)
期待電圧出力	自然日射による適用: -0.1 ~ + 50 x 10 ⁻³ V
測定機能 (プログラミングが必要)	E = U/S
計測器の機能としてのボディ温度による感度補正のためのオプション測定機能 (プログラミングが必要)	E = U/(S ₀) a·T ² +b·T+c)
測定機能 / 日照時間のためのオプションプログラミング	WMOガイドの段落8.2.2に従ったプログラミング
必要な計測機器	1差動電圧測定チャンネルまたはシングルエンド電圧測定チャンネル 入力抵抗> 10 ⁶ Ω
内部温度センサ	ボディ温度の測定: バージョンコード =T1 Pt100 DIN クラスA バージョンコード =T2 サーミスタ 25 ° C で10 kΩ
オプションの読み出し	温度センサを使用する場合の1つの温度計測チャンネル
動作温度範囲	-40 ~ +80° C
センサ抵抗範囲	50 ~100Ω
電源供給	不要(受動型センサ)
スペクトル範囲 (20%透過点)	285 ~ 3000 x 10 ⁻⁹ m
標機器使用規定環境	ISO/TR 9901:1990 太陽エネルギー -- フィールド日射計 -- 使用に推奨されるプラクティス ASTM G183 - 05 日射計、日照計、UV放射計のフィールド使用のための標準プラクティス
標準ケーブル長(オプションを参照)	5メートル
ケーブル直径	5.3 x 10 ⁻³ m
本体 コネクタ	M16パネルコネクタ、10芯 オス
本体 コネクタタイプ	HUMMEL AG 7.840.200.000パネルコネクタ、フロントマウント、ショートバージョン
ケーブルコネクタ	M16ストレートコネクタ、10芯、メス
ケーブル コネクタタイプ	HUMMEL AG 7.810.300.000ストレートコネクタ、メス スレッド、ケーブル3~6 x 10 ⁻³ m、特別バージョン
コネクタ保護クラス	IP67 / IP69 K EN 60 529 (接続済み)
ケーブル交換	コネクタ付き交換ケーブルは、Hukseflux (販売店) に別に注文することができます
マウント	2x M5ボルト使用 南北軸上中心間距離65 x10 ⁻³ m または器械の中心に1 x M6ボルト、底板の下から接続
水準	水準器と調整可能なレベリングフィートが含まれています
レベリング精度	< 0.1° バブルをリング内に移動した場合
乾燥	シリカゲル2袋、0.5g、35×20mm
湿度インジケータ	乾くと青色、湿気の多い時はピンク色
IP 保護クラス	IP67

表 3.1.1 SR20 の仕様 (前のページから継続)

10mケーブルを含む総重量	1.4キロ
10mケーブルを含む正味重量	1.05キロ
包装	200 x 135 x 225 mmの箱
加熱	
ヒーター操作	ヒーターは必ずしもオンする必要はありません。 推奨時間帯：日没から日の出まで
必要なヒーターパワー	1.5 W で 12 VDC (ヒーターは必ずしもアクティブにする必要はありません)
ヒーター抵抗	95 Ω
ヒータによる定常状態ゼロオフセット	0～ -8 W/m ²
校正	
キャリブレーショントレーサビリティ	WRR
キャリブレーション階層	WRR から ISO 9846 および ISO 9847 を通じて、基準条件に修正を適用
キャリブレーション方法	ISO 9847、タイプIIcに従って屋内校正
キャリブレーションの不確かさ	< 1.2 % (k = 2)
推奨される再キャリブレーション間隔	2年
基準条件	20 ° C、通常の太陽放射下、水平実装、日射レベル1000 W /m ²
キャリブレーションの有効性	過去の経験に基づいて、機器の感度はストレージ中に変化しません。屋外日射曝下での使用時は「非安定性」仕様を参照。
測定精度	
測定の不確かさ	全体的な測定の不確かさに関する記述は、機器単体特性のバイアスが適用されます。不確かさ評価に関する章を参照してください。
WMO 日積算精度に関する制度(測定条件の定義 付録を参照)	2 %
WMO 時積算精度に関する制度(測定条件の定義 付録を参照)	3 %
バージョン/ オプション	
Modbus RTUプロトコルおよび4-20 mA出力(カレントループ)によるデジタル出力	オプション コード = D2 仕様については、SR20-D2ユーザーマニュアルを参照してください。
延長ケーブル、5 mの倍数	オプション コード = ケーブルの全長
アクセサリ	
通風ユニット	VU01
アンプ	AC100 および AC420
携帯データ読み出し器	LI19
乾燥材シリカゲルの袋	空気密閉バッグオプションコード内の5袋のセット = DC01

3.2 SR20の寸法

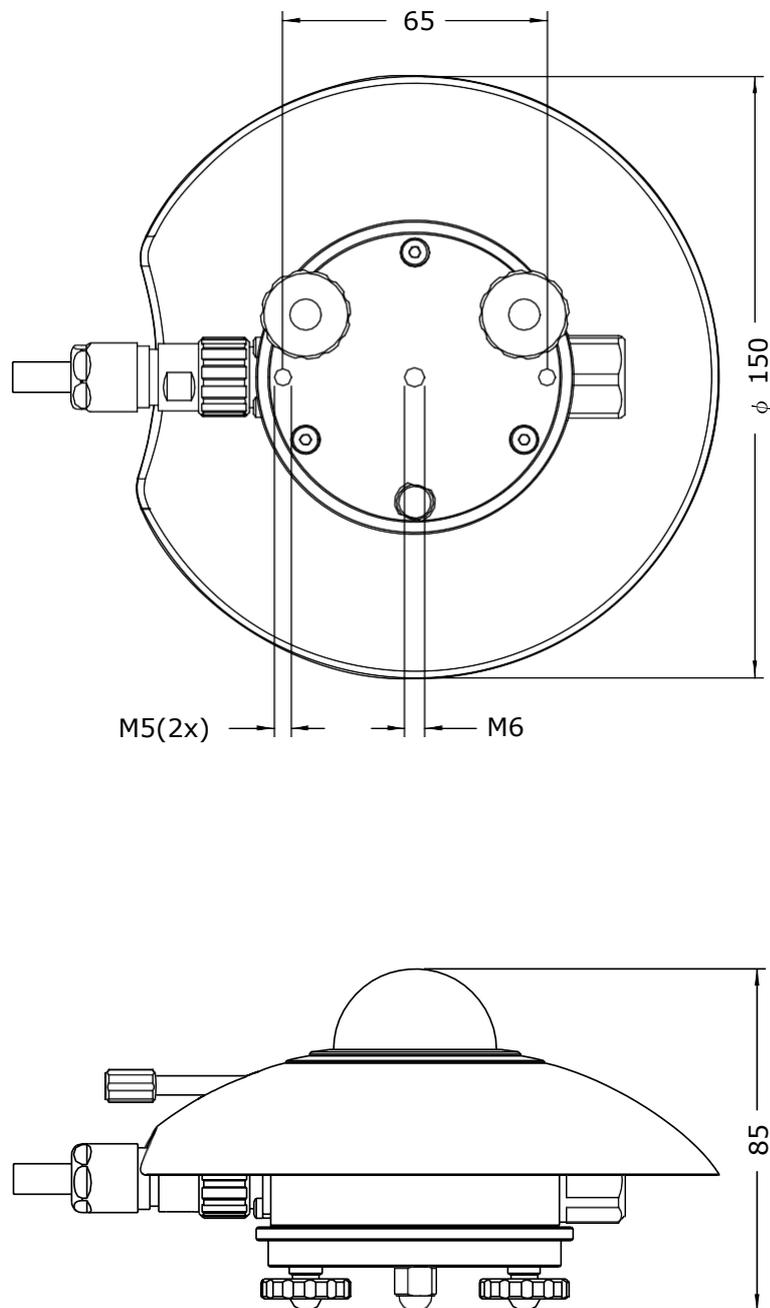


Figure 3.2.1 外形図 SR20 in $\times 10^{-3} m$.

4 機器使用のための標準と推奨プラクティス

日射計は、ISO 9060規格とWMO-8ガイドに従って分類されています。任意のアプリケーションでは、機器は、ISO、IEC、WMOおよび/またはASTM推奨プラクティスに従って使用してください。

4.1 分類基準

表 4.1.1 日射計仕様分類の基準。

表及び日射計仕様の定義の付録を参照してください。

装置の分類基準		
ISO規格	同等のASTM規格	WMO
ISO 9060:1990 太陽エネルギー - 全天日射と直接日射 を測定するための機器の仕様と分類	利用できません	WMO-No. 8: 気象計測器と観測メソッドのガイド チャプター7、日射計測 7.3 グローバルおよび拡散ソーラーの測定

4.2 太陽放射測定の一般的な使用

表 4.2.1 太陽放射測定における機器の使用に関する推奨事項

全天日射放射のための器械使用のための標準		
ISO規格	同等のASTM規格	WMO
ISO/TR 9901:1990 太陽エネルギー -- フィールド 日射計 -- 推奨 使用のためのプラクティス	ASTM G183 - 05 フィールドの標準的なプラクティス 日射計の使用, 日照計とUV ラジオメーター	WMO-No. 8: 気象計測器と観測のガイド チャプター7、日射計測 7.3 グローバルおよび拡散ソーラーの測定

4.3 日照時間測定用一般使用

世界気象機関(WMO、2003)によると、特定の期間の日照時間は、直達太陽放射が120 W/m²を超えるその時間の合計と定義される。

WMOは、日射計測定から日照時間を推定する「ピラノメトリックメソッド」を承認しました(2008年のWMO機器観測ガイド第8章)。これは、光熱量を推定するために、適切なソフトウェアと組み合わせて、日射計を使用することができることを意味します。アプリケーションノート参照。

表 4.3.1 日照時間測定における機器の使用に関する推奨事項

日照時間の計測器使用基準
WMO
WMO-No. 8; 気象計測器と観測方法ガイド、第8章、日照時間測定、8.2.2ピラノメトリック法

4.4 屋外PVシステム性能試験用の特定の用途

SR20は屋外PVシステムの性能テストで非常によく適用されています。SR20-D2「Modbus RTUと4-20 mA出力を備えたデジタル2次標準日射計」およびSR12「太陽エネルギー試験用途向けのファーストクラスの日射計」も参照してください。

表 4.4.1 PV システムパフォーマンステストにおける機器の使用に関する推奨事項

PVシステム性能試験の基準	
IEC / ISO 規格	ASTM同等の規格
IEC 61724; 太陽光発電システムのパフォーマンス監視 - 測定、データ交換、分析のガイドライン	ASTM 2848-11; 太陽光発電Non-concentrator システム性能報告のための標準試験方法
コメント: IEC 60904-2および-6では、日射計または基準セルを使用することが可能である。日射計の読み取り値は、読み取りの5%よりも優れた精度が必要。(Par-4.1)	コメント: 日射計が屋外のPVテストに使用できることを確認。具体的には「ファーストクラス」をお勧めします日射計(段落A 1.2.1)
コメント: JIS C 8906同等(日本工業標準調査会)	

4.5 気象学・気候学における特定の用途

世界気象機関(WMO)は国連の専門機関です。WMOは地球の大気と気候の状態と行動に関する国連システムにおいて権威を保有しています。WMOはWMO-No. 8を発行し、これは気象観測機器及び観測方法に関してのガイドになり、日射計の「性能のレベル」にテーブルが含まれています。WMO基準はISO分類システムにも準拠しています。

5 SR20の設置

5.1 観測サイトの選択と設置

表 5.1.1 日射計の設置に関する推奨事項

場所	通常、機器に影がかかるような状況は望ましくありません。センサから水平方向に可能な限り障害物がないことが望ましいです。また太陽光からセンサに対して遮るものがないようにしてください。
機械的な取り付け / 断熱材	機器の底板へのボルトによる取り付けをすることが好ましい。日射計は熱電動に敏感です。本体に器具を取りつけたり、他の取り付け部材が本体に接しないようにしてください。(マウントが水平でない場合は常にレベルングフィートを使用してください)、非常に熱くなる物体(黒色被覆金属板)に器具を取り付けしないでください。
2つのボルトが付く機器のプレート	の中心に位置するは、南北軸上の中心上に2 x M5ボルト用の穴が 65×10^{-3} m間隔であります。基盤プレートの下からねじを通してセンサをで固定できます。
1つのボルトが付機器のプレート	機器の中心に1 x M6ボルト。基盤プレートの下からねじを通してセンサをで固定できます。
代表的な測定を実行する	日射計は、センサの平面の太陽放射を測定します。また、傾いた位置または逆さまの位置での設置を必要とする場合があります。本体を取り付ける金具は本体となるべく平行に取り付けてください。 日射計が水平に取り付けられていない場合、または水平面に遮蔽がある場合には、その位置の代表性の測定に不可実性の要素となります。不確かさ評価に関する章を参照してください。
水平レベル調整	水平取り付けの場合は、付属する水準器を使用してください。水準器を使用する場合は放射スクリーンを外してください。
方向調整	センサケーブル位置が北半球で北側、南半球では南側に向ける必要があります。
インストールの高さ	逆さまに設置する場合、WMOは、土壌表面とセンサ間の距離1.5 m(影の影響を低減し、良好な空間平均を得るために)を推奨しています。

5.2 放射スクリーンのインストール

SR20の放射スクリーンは、専用のつまみねじを使用して取り付け、取り外すことができます。以下の図面項目番号2を参照してください。下に視覚化されるように、放射スクリーンの固定や取り外しのため、ツールなしでネジを回すことができます。ねじを緩めたら放射スクリーンを外すことができます。取り外しはスクリーンの両端を手で持ち上げます。取り外し後、ユーザは図面の項目番号10で水準レベルの確認ができます。ケーブル/コネクタをはずす場合は図面の項目番号11を取り外してください。

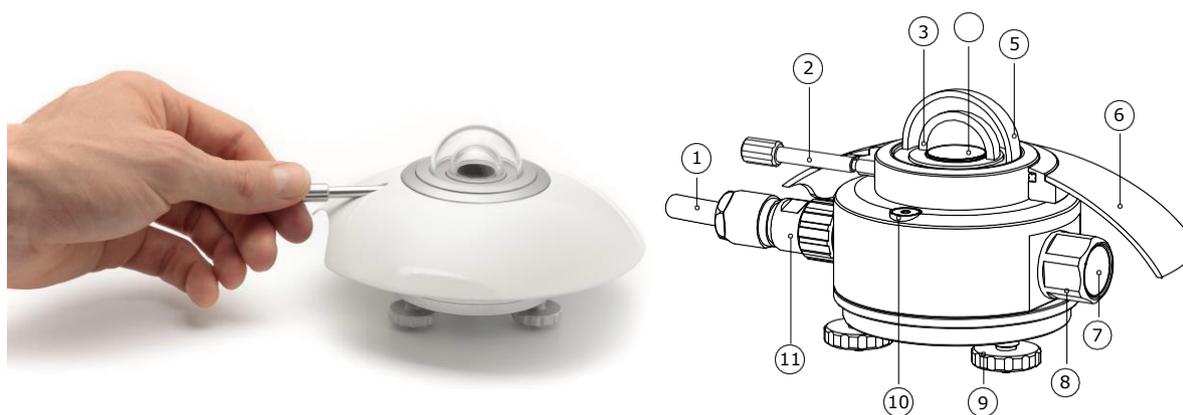


図 5.2.1 SR20 の放射スクリーンの取り付けと取り外し

5.3 電気配線

SR20を動作させるためには、日射計を測定システム(通常はいわゆるデータロガー)に接続する必要があります。SR20は、電源を必要としない受動センサです。ケーブルは一般に、静電容量性ノイズを拾うことによって、歪みの発生源として作用してしまいます。よってデータロガーやアンプとセンサの距離はできるだけ短くすることをお勧めします。ケーブルの延長については、この問題に関する付録を参照してください。

表 5.3.1 SR20 バージョン T1 および T2 の電氣的接続表
ヒーターは必ずしも使用されません。温度センサは必ずしも使用されません。

ピン	ワイヤ	SR20-T1	SR20-T2
2	赤	Pt100 [+]	10 k Ω サーミスタ [+]
3	ピンク	Pt100 [+]	10 k Ω サーミスタ [+]
6	青	Pt100 [-]	10 k Ω サーミスタ [-]
8	灰色	Pt100 [-]	10 k Ω サーミスタ [-]
1	茶色	ヒーター	ヒーター
4	黄色	ヒーター	ヒーター
9	黒	グラウンド	グラウンド
7	白	センサ出力[+]	センサ出力[+]
5	緑	センサ出力[-]	センサ出力[-]

注1:バージョンT1のPt100は4線または3線で接続することができます。

注2:バージョンT2の10kサーミスタは、通常、2線式構成で接続されています。

注3:ヒーターは必ずしも接続する必要はありません。接続されている場合、接続の極性はありません。

注4:信号線は、接地線およびセンサ本体から絶縁されています。絶縁抵抗は、製造中にテストされ、 $1 \times 10^6 \Omega$ より大きくなっています。

注5:グラウンド線はコネクタ、筐体及びシールドに接続されています。

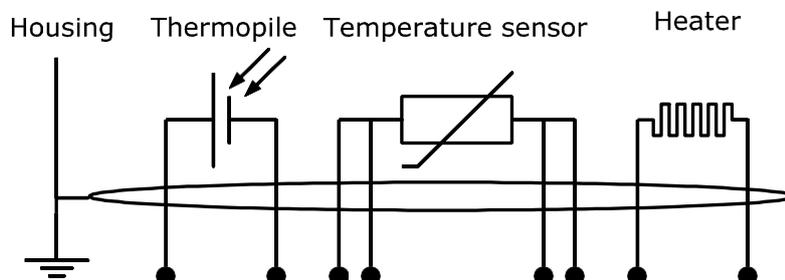


図 5.3.1 SR20の内部配線の電気回路図シールドはセンサ本体に接続されています。

5.4 出力データ取得/増幅のため要求

データロガーの選択とプログラミングは、ユーザーの責任です。SR20がシステム上利用可能かどうかを確認するために、データ取得および増幅装置のサプライヤーに確認してください。類似の計測器のプログラミングが可能な場合、通常は使用することができます。SR20は、通常、他のサーモパイル日射計と同様に処理することができる為です。日射計は通常、熱流束センサと同じプログラミングを行います。

表5.4.1 標準構成における SR20 のデータ取得および増幅装置の要件

微細電圧信号を測定する機能	推奨: 5×10^{-6} Vの不確かさ 最小要件: 20×10^{-6} V不確かさ (取得/増幅装置とも使用温度範囲全体において)
データロガーまたはソフトウェアの機能	データを格納し、太陽放射を計算する感度による除算を実行できること。 $E = U/S$ (式 0.1)
データ取得入力抵抗	$> 1 \times 10^6 \Omega$
オープン回路検出(警告)	開回路検出は、使用しないでください。さもない場合は通常の測定とは別に、センサの応答時間の5倍以上でのサンプリングで、電流値は最小にとどめておいてください。サーモパイルセンサは、開放検出中に使用される電流に敏感です。電流は熱を発生させオフセットとして観測値に影響を与えてしまいます。

6 信頼できる測定を行う

6.1 信頼性の概念

日射計を使用した測定において信頼性が高いと定義できるのは、観測を行っている期間において不確実の限界内での観測ができることを意味します。また万が一障害が発生したときに迅速に解決できることが必要になります。

日射計測定時におけるユーザ要件は、次のように表すことができます。

- 計測における必要な不確かさ(以下の段落を参照)
- メンテナンスおよび修理の要件(作業や処理時間を含むメンテナンスおよび修理の可能性)
- 予想される機器の寿命に対する要件(修理が不可能になるまで)

測定の不確かさは、計測器によって決定されるだけでなく、使用方法によっても決定される点を認識することが重要です。

ISO 9060 ノート 5 も参照してください。日射計の場合、屋外測定時の測定の不確かさは下記の要素にも関連します。

- 機器の性能クラスによる違い
- キャリブレーションの手順/不確かさ
- 自然太陽光下での機器の稼働期間(機器の経年安定性仕様を含む)
- 測定条件(傾き、換気、影の影響、機器の温度など)
- メンテナンス(主に汚れ)
- 環境条件*

したがって、ISO 9060は、「屋外条件下での全体的な測定の不確かさに関する記述は、これらすべての要因を考慮に入れて、個々に行う」と述べています。

*Hukseflux社では、曇量(直接放射の有無)、太陽の位置、局所水平開放(遮光)、または地面の状態(傾いた場合)などの測定に関連するすべての要因を考慮しなければならないと考えます。環境条件には、測定場所での測定が測定すべき値を反映表するかどうかという問題も含まれます。

6.2 計測の信頼性

必要な不確かさ限界内で測定する場合、ほとんどの測定は信頼性は高くなります。測定の信頼性が低くなる主な2つの原因が分かっています。

- 日射計の信頼性として、設計、製造、キャリブレーション(ハードウェアの信頼性)に関連しています。
- 測定の不確かさ(計測の信頼性)の信頼性としてハードウェアの信頼性と使用環境での条件が関連してきます。

ハードウェアの信頼性のほとんどは、機器メーカーの責任です。しかし、測定の信頼性は、機器メーカーとユーザーの共同責任です。ユーザーからの要件は使用にあったクラスの機器の選択、メンテナンスにおける手順等を考慮に入れなければなりません。

多くの状況で現実的に達成可能な精度レベルに制限があります。これは、観測場所での制御不能な状況が起きた場合です。一般的な制限条件は次のとおりです。

- 測定条件、例えば、機器温度が定格温度の範囲の極限にあるような極端な温度下での動作。
- 環境条件、例えば太陽の経路に障害物があるような測定場所に設置されたとき。
- 他の環境条件、例えばPVシステム性能を評価する場合、システムの太陽光パネルの角度とは異なる傾斜角で設置された場合。日射計測は、PVシステム全体で受信された放射照度を代表しない場合があります。

測定における信頼性は、メンテナンスやサポートによって改善することができます。重要な点は次のとおりです。

- ほこり、露、雨や雪の堆積によるドームの汚れなどの影響。汚れは未定義の測定の不確かさをもたらします(感度および方向誤差はもはや定義されていない)。これは定期的な検査と清掃によって解決されるべきです。
- センサの不安定性。最大予想されるセンサの経年変化は[%変化/年]の非安定性として機器ごとに決まってきます。センサが再調整されない場合、感度の不確かさは徐々に上昇します。これは定期的な再校正によって解決されます。
- 日射計ドームの下に凝縮する水分は、感度への影響が徐々に出ます(仕様内)。これは乾燥剤の定期的な交換またはメンテナンス(センサ全体の乾燥)によって解決されます。ほとんどの第2級の日射計のような保守が限られているセンサの場合、徐々に欠陥に発展する可能性があります。ファーストクラスおよび2次標準モデル(例えばモデルSR11ファーストクラス日射計とSR20二次標準日射計)の場合、乾燥剤(気密バッグ内の5袋のセット)の交換が可能です。

測定の信頼性を向上させるもう1つの方法は、冗長センサを導入することです。

- 冗長計測器を使用することで、一方の機器をリファレンスとしてリモートチェックできるため、測定の信頼性が高くなります。
- PVシステム性能監視では、パネル角度と並行で測定する機器に加えて、水平に配置された機器が地球規模の放射線の測定に使用されます。グローバルな放射データにより、ユーザーは、異なるサイト間の地域の気候とシステムの効率を比較することができます。これらのデータは、地域の気象観測所による測定値と比較することもできます。

6.3 修理とメンテナンスのスピード

製品の信頼性は問題への対応も伴います。サービスと修理の処理時間が短い場合、信頼性に寄与します。

Hukseflux 日射計は容易な維持および修理を可能にするように設計されています。主なメンテナンス項目は次のとおりです。

- 乾燥剤の交換
- ケーブルの交換

信頼性を最適化するために、ユーザーは次の操作を行う必要があります。

- 機器の予想寿命を見積もる
- 定期メンテナンスのスケジュールを計画する
- 障害が発生した場合の修理または交換の対応方法を確認しておく

複数台の機器を観測ネットワークで使用している場合は、Huksefluxではサービス、再校正、修理による欠測期間をなくすため、複数台の予備機を用意しておくことを推奨いたします。

6.4 不確かさ評価

屋外または屋内条件下での測定の不確かさは、多くの要因に依存します。（本章のチャプター1を参）日射計測定の不確かさについて1つの要因で考えることは不可能です。不確かさの評価に関する作業は「進行中」です。世界中のいくつかのグループが不確かさの計算方法の標準化に参加しています。この取り組みは、不確かさ評価のガイドラインに従って機能することを目的としています（「測定における不確かさの表現ガイド」またはGUMに従う）。

6.4.1 屋外条件下での測定の不確かさ性評価

Huksefluxは日射計測定の不確かさに関する議論に積極的に参加しています。また、最新の情報を反映したスプレッドシートを提供し、ユーザーが独自の評価を行うお手伝いをします。評価への入力には、次の内容で要約されます。

- 1) 不確かさの正式な評価は、測定における不確かさの表現に関するISO 98-3ガイド(GUM)に従って行われるべきである。
- 2) ISO 9060分類のリストに従った全天日射計と直達日射計の機器の仕様は、考えられる誤差の制限値はGUMの各段落4.3.7において標準的な不確かさの評価としてタイプBとして分類されます。演繹(えんえき)的にその分布は長方形となります。
- 3) メンテナンスレベルによる予測できる不確かさを考慮するために、別の要因を入力する必要があります。
- 4) キャリブレーションの不確かさを入力する必要があります。
- 5) 校正の不確かさを入力する必要があります。 Hukseflux校正の不確かさは、他の機器よりも低いことに注意してください。これらの不確かさは、U(電圧読み出し誤差)またはS(傾き誤差、温度依存、校正の不確かさ)のE(ゼロオフセット、方向応答)の不確かさとして測定方程式(徐算式 $0.1:E = U/S$)に入力されます。
- 6) 日射計の不確かさ性分析では、設置場所情報と日時が必要になります。その場所の太陽の経過が計算され、直接および拡散成分がモデル上で推定できます。直達放射線の角度が不確かさの主要因となります。
- 7) 現代の日照計の不確かさ性分析では:傾き依存性が非常に低いことが多いため、1つの典型的な観測場所で十分です。
- 8) 特別な計測条件の場合、その場所独自の使用環境が影響します。これらは、例えば測定場所の状況(投影の有無、通風の有無、水平/傾斜)と環境条件(曇の有無、環境温度)を考慮する必要があります。
- 9) 不確かさの様々な原因の中には、いくつかは「相関」が取れるものがあります。例えば、測定中常に存在し、計測期間中に不確かさの要因がキャンセルまたは、ゼロにならないものです。共分散行列の非対角要素はゼロではありません。 GUMの段落5.2。
- 10) 不確かさの様々な原因の中には、「相関していない」ものもあります。測定中常に存在し、計測期間中に不確かさの要因がキャンセルされたり、ゼロになるものです。共分散行列の非対角要素はゼロとなります。GUMの段落5.1。
- 11) 不確かさの様々な原因の中で、いくつかの要因は分析に含みません。日射計感度のリニアリティ及び日射計および日照計のスペクトル応答は、すでにキャリブレーションプロセスで考慮されている為です。

表 6.4.1.1 *Hukseflux* 日射計における計測の不確かさの推定値。推定値は、標準的な日射計の特性と校正の不確かさに基づいております。晴れた空の日の観測条件の整った設置場所において、機器の保守状態が良好に保たれて、機器の汚れによる不確かさの損失がない条件とします。下記表は、包含係数が 2 で、信頼水準が 95% の場合の不確かさの拡張を示します。

推定値は1秒サンプリングに基づいています。重要な注意:日射計測定の不確かさ評価に関する国際的なコンセンサスはないため、この表を正式な参照として使用しないでください。

日射計クラス (ISO 9060)	季節	緯度	不確かさ 太陽正午の分の 合計	不確かさ 太陽正午の時間 単位の合計	不確かさ 日合計
2次標準 (SR20)	夏	中緯度	2.7 %	2.0 %	1.9 %
		赤道	2.6 %	1.9 %	1.7 %
		極地	7.9 %	5.6 %	4.5 %
	冬	中緯度	3.4 %	2.5 %	2.7 %
ファーストクラス	夏	中緯度	4.7 %	3.3 %	3.4 %
		赤道	4.4 %	3.1 %	2.9 %
		極地	16.1 %	11.4 %	9.2 %
	冬	中緯度	6.5 %	4.5 %	5.2 %
セカンドクラス	夏	中緯度	8.4 %	5.9 %	6.2 %
		赤道	7.8 %	5.5 %	5.3 %
		極地	29.5 %	21.6 %	18.0 %
	冬	中緯度	11.4 %	8.1 %	9.9 %

6.4.2 キャリブレーションの不確かさ

新しい校正手順は、スイスのダボスにあるPMOD世界放射線センターと緊密に協力して開発されました。最新の校正方法では、感度の不確かさは1.2%以下になり、通常の2次標準クラスの日射計での1.7%と比較してもより良い値となります。校正階層の詳細については、付録を参照してください。

7 メンテナンスとトラブルシューティング

7.1 メンテナンスの推奨と品質保証

SR20は、ほとんどの場所で最小限のメンテナンスで確実に測定できます。通常、信頼性の低い測定値は、不当に大きい値または小さい測定値として検出されます。一般的な原則として定期的な目視での機器の状態確認と観測データ異常値の確認が必要になります。また可能であれば、基準機器での計測値の比較検査を行うことを推奨いたします。

表 7.1.1 SR20 の推奨メンテナンス。可能であれば、観測データ解析とクリーニング(1および2)は、毎日行ってください。

最小推奨日射計メンテナンス			
	間隔	件名	アクション
1	1週間	データ分析	観測値の最大値を近傍の観測地点もしくは冗長器があれば冗長器の値と比較してください。また、過去の同季節での値との比較も有効です。夜間の値を分析します。夜間の値は、ゼロオフセットaのため、マイナス(快晴では-5 W / m ² 2まで)になる可能性があります。PVシステムで使用する場合は、昼間の測定値をPVシステム出力と比較します。または通常予期されるパターンとは異なるものを探します。
2	2週間	クリーニング	柔らかい布を使って器具のドームを掃除し、しつこい汚れは石鹼水またはアルコールで処理してください。
3	6ヶ月	検査	ケーブル品質の検査、コネクタの検査、取り付け位置の検査、ケーブル、機器の清掃、ケーブルの清掃、水準検査、傾斜角の調整(取り付け仕様に基づく、取付接続部の検査、ドーム内部の検査)
4	2年	乾燥剤の交換	乾燥剤の交換(該当する場合)。湿度インジケータの40%が青色からピンク(湿度を示す)に変わったら、乾燥剤を交換してください。カートリッジのゴムにシリコングリースまたはワセリンを塗ります。乾燥剤はオープン温度70°Cで1~2時間加熱すると再利用できます。湿度インジケータ再生はで青色になるまで70°Cで加熱してください。
5		校正	ISO 9847に従ってフィールドの高標準機器と並べて再校正を行ってください。
6		経年変化の評価	機器があと2年間信頼できるかどうか、または交換する必要があるかどうかを判断してください。
7	6年	部品交換	必要に応じて部品を交換します。風化に最もさらされている部品を交換してください。ケーブル、コネクタ、乾燥剤のホルダー、放射スクリーン。注:Hukseflux承認部品のみを使用してください。
8		内部検査	該当する場合:機器の蓋を開けて内部を検査します。Oリングを交換します。回路基板の周囲が乾燥しているかを確認します。
9		校正	屋内でISO 9847(屋外の場合はISO 9846)に従っての高標準機器と並べて再校正を行ってください

7.2 トラブルシューティング

表 7.2.1 SR20 のトラブルシューティング

センサは信号が出力されない	<p>グリーン(-)と白(+)ワイヤー間のセンサの電気抵抗を確認。1000 Ω の範囲でマルチメータを使用します。最初に1つの極性でセンサ抵抗を測定し逆の極性でも確認し平均値をとります。配線の典型的な抵抗は0.1 Ω/mです。各10mの2本の線間抵抗(行きと帰り)と機器の抵抗100~200 Ω プラス1.5 Ω が典型的なセンサ全抵抗である必要があります。抵抗値が無限值の場合回路の故障が考えられます。抵抗値が0Ωの場合、短絡が考えられます。</p> <p>センサが光に反応するか確認してください:マルチメータを最も感度の高いDC電圧測定範囲(通常は100 x10⁻³ VDC範囲以下)に置きます。センサを強い光源(例えば100 W電球を1×10⁻¹ mの距離に設置)に露出させます。信号は>2 x 10⁻³ Vになる必要があります。センサの上に光を遮蔽するものをかぶせるか、ライトなどの光源をオフにしてください。計測器の電圧出力は下がり、1分以内に0 V近辺になる必要があります。データ受信装置に1 x 10⁻⁶ V電圧をかけて1 x 10⁻⁶ Vを計測出来ているか確認してください。コネクタの状態を確認します(シャーシとケーブルも確認)。</p>
センサ信号が非現実的に高いまたは低い。	<p>夜間信号は、オフセット a がゼロであるため、負の値(晴天で無風の夜間は-5 W/m² まで)になる可能性があります。</p> <p>ドームがきれいな状態であるかどうかを確認します。</p> <p>日射計の位置を確認してください。障害物がある場合は測定結果に影響が出ます。</p> <p>日射計の向き/水準を確認します。</p> <p>受信機側のアルゴリズムに正しい校正係数が入力されているかどうかを確認します。各センサには、校正証明書に記載されているように、それぞれ個別の校正係数があります。</p> <p>徐算アルゴリズムで電圧読み取り値が校正係数で割れているかどうかを確認します。</p> <p>ロガーでの配線の状態を確認してください。</p> <p>ケーブルの状態を確認します(断線など)。コネクタの状態を確認します(シャーシとケーブル)。データロガーの計測範囲を確認します。信号は負の値(範囲外である可能性があります)、振幅が範囲外である可能性があります。</p> <p>データ受信装置に1 x 10⁻⁶ V電圧をかけて1 x 10⁻⁶ Vを計測出来ているか確認してください。データ取得入力側を100Ω抵抗で短絡してデータ出力を見てください。出力が0 W/m²に近いかどうかを確認します。</p>
センサ信号は予期しない変動を示す	<p>電磁放射の強い源の存在を確認してください(レーダー、無線)。</p> <p>シールドの状態を確認してください。</p> <p>センサケーブルの状態を確認します。</p> <p>測定中にケーブルが動いていないか確認します。</p> <p>コネクタの状態を確認します(シャーシとケーブル)。</p>
外側のドーム内部の結露	<p>ほとんど目に見えない水分のマイナーな層がある場合:乾燥材を交換し、状況が改善されるかどうかを確認するために数日待ちます。</p> <p>液滴の結露の場合:器具を分解し、部品を乾燥させます。</p>
内側のドーム内部の結露	<p>診断のためにセンサをHuksefluxに機器を戻してください。</p>

7.3 フィールドでの校正とチェック

フィールドでの日射計の再校正は、通常、基準日射計とのフィールドでの相互比較によって行われます。適用可能な標準はISO 9847 「Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer」です。Huksefluxでは、同じ規格に従って室内校正を行っています。

Huksefluxが推奨する再校正方法はなるべく屋内の標準的な放射条件の下で同一の標準機器と比較する事です。

フィールド比較の場合。ISOは、より高いクラスの日射計に対してフィールドでの校正を推奨しています。Huksefluxは、同じモデルとクラスのセンサの使用を推奨いたします。同等の機器の相互比較は、同じオフセットによる影響が同等になる利点を持っています。したがって、同じブランドの日射計との比較は、より高いクラスの機器と比較するのと同等の品質を保てます。ISO では、数日間の間フィールド校正を実行することを推奨しています。晴天の条件下では2~3日、曇り条件下では10日間。しかしながら、通常これを達成することは困難です。校正プロセスを短縮するために、Huksefluxは標準的な天候下の正午近くの一時間の合計値を使用して、校正を行うことも提案いたします。

フィールドの相互比較のための Hukseflux の主な推奨事項は次のとおりです。

- 1) 日射が十分な状態で行います。終日を通しての比較は行わない。
- 2) 基準器は同じブランドの同じタイプの全天日射計もしくは上位クラスのもので比較を行う。
- 3) 基準器と比較対象器は両方を同じ電子機器に接続し、電子機器のエラー(オフセットも)を排除します。
- 4) 同じプラットフォーム上にすべての機器をマウントし、各機器のボディ温度の器差をなくします。
- 5) 個々の機器の校正時、機器は水平状態において正午の1時間での比較を行います。もし機器を水平状態に保てない場合は、傾斜した角度に対して垂直な角度の日射がある時間帯1時間において比較を行います。
- 6) セカンドクラスの日射計は±10%以上の偏差は補正されるべきですが、偏差が10%より低い場合は許容可能と解釈し、再計算された感度は使用しないでください。
- 7) ファーストクラスの日射計については、±5%以上の偏差は補正されるべきですが、偏差が5%より低い場合は許容可能と解釈し、再計算された感度は使用しないでください。
- 8) 2次基準器の場合、±3%以上の偏差は補正されるべきですが、偏差が3%より低い場合は許容可能と解釈し、再計算された感度は使用しないでください。

7.4 データ品質保証

品質保証は、次の方法で行うことができます。

- 太陽放射信号の動向を分析する
- 数学的に生成された予想値に対して測定された放射値をプロットする
- サイト間の日射測定値の比較
- 夜間の信号値の分析

主な考え方は、非現実的な値に注意する必要があります。半自動でデータスクリーニングを行うことができるプログラムが入手できます。プログラムのより詳しい情報については

<http://www.dqms.com>参照してください

8 付録

8.1 ケーブル延長 / 交換に関する付録

SR20のセンサケーブルはM16のストレートコネクタ付きです。ケーブル交換時は、Huksefluxからコネクタ付きの新しいケーブルを購入することをお勧めします。別の方法としてユーザで自作(DIY)も可能です。DIYコネクタアセンブリガイドを参照してください。ケーブル延長の場合はユーザーは、Huksefluxでコネクタ付きの新しいケーブルを購入するか、既存のケーブルを自分で延長してください。(注：HuksefluxはDIYコネクタおよびケーブルアセンブリのサポートを提供していません。)

SR20のケーブルは1本になります。データロガーまたはアンブとセンサの間の距離をできるだけ短くしてください。ケーブルは、静電容量性ノイズを拾うことによって歪みの発生源として作用します。電氣的なノイズがない環境では、SR20ケーブルは100メートルまで問題なく拡張することができます。センサインピーダンスは非常に小さい為、ケーブルに流れる電流値も小さくなり、電圧の降下は著しく発生いたしません。

コネクタ、ケーブル、ケーブル接続仕様は下記のとおりです。

表 8.1.1 SR20 ケーブル交換および延長時の推奨仕様

一般的な交換	Hukseflux (販売店) でコネクタ付きの新しいケーブルを注文するか、ユーザでの自作DIYを選択してください。ユーザーによるDIY交換の場合は、以下のコネクタ仕様を参照し、DIYコネクタアセンブリガイドを参照してください。
一般ケーブル延長	コネクタ付きの新しいケーブルを Hukseflux (販売店) で注文するか、Huksefluxコネクタ付きケーブルに新しい延長用のケーブルの各芯線をはんだで連結して、連結部は熱収縮チューブで絶縁を行ってください。接続部は屋外での使用に対する処理を行ってください。ケーブルシールドも必ず接続してください。
使用するコネクタ	シャーシ:M16パネルコネクタ、オス、10芯、HUMMEL AG 7.840.200.000パネルコネクタ、フロントマウント、ショートバージョン。 ケーブル:M16ストレートコネクタ、メス、10芯、HUMMEL AG 7.810.300.00M ストレート コネクタ、ケーブル長 3 から 6×10^{-3} m、または特注品
ケーブル	8線、シールド、銅導体 (Hukseflux 8線シールドケーブル。信号伝送2芯、ヒータ2芯、温度センサ2~4芯)
導体抵抗	$< 0.1 \Omega / m$
長さ	ケーブルはできるだけ短く保つ必要があり、いずれの場合でもケーブルの全長は100 m未満でなければなりません。
外装	屋外仕様 (屋外での安定的な使用)

8.2 SR20用ツールの付録

表 8.2.1 SR20 用ツールの仕様

放射スクリーンの固定および取り外しに必要な工具	なし
底板の固定および取り外しに必要な工具	六角レンチ 2.5 mm
乾燥剤ホルダーの固定および取り外しに必要な工具	スパナ サイズ 20 mm

8.3 SR20用スペアパーツの付録

- 乾燥剤ホルダー（ガラスウィンドウとゴムリング付き）
- 乾燥剤（1袋5個セット）
- 湿度インジケータ
- レベリング調整用足ねじ(2個)
- 固定式足ねじ
- 放射スクリーン 金属リングとつまみねじ
- コネクタ付きSR20ケーブル(長さを5 mの倍数で指定)
- Oリング SR20

メモ:SR20のガラスドーム、水準器はスペアパーツとして供給できません。SR20に損傷がある場合は修理後に、仕様範囲での性能を検証するために機器をテストする必要があります。これはISO 9060 で要求されています。テストは、ガラスドーム修理後の指向性応答の検証、サーマルセンサ及びレベル交換後の温度応答の検証を含みます。

8.4 分類および校正の標準に関する付録

ISOとASTMの両方に、機器の分類と校正方法に関する基準があります。世界気象機関(WMO)は、主にISO分類システムを採用しています。

表 8.4.1 ISO および ASTM における日射計の標準化

機器の分類と校正に関する標準	
ISO規格	ASTM規格同等
ISO 9060:1990 太陽エネルギー -- 全天日射と直達太陽放射を測定するための機器の仕様と分類	利用できません コメント: 新しい ASTM 同等の標準で作業が進行中です。
コメント: 標準的な「太陽エネルギー -- 日射計と日照計の特性をテストするための方法」は、ISO 9060で発表されましたが、まだ実行されていません。	利用できません
ISO 9846:1993 太陽エネルギー - 直達日射計を用いた日射計の較正	ASTM G167 - 05 直達日射計を用いた日射計校正の標準試験方法
ISO 9847:1992 太陽エネルギー- 比較用基準日射計を用いたフィールドでの日射計の校正	ASTM E 824 -10 基準フィールドラジオメーターを用いた校正の標準試験方法 ASTM G207 - 11 基準日射計を用いた屋内校正の標準試験方法
ISO 9059:1990 太陽エネルギー -- 基準直達日射計と比較したフィールド・直達日射計の校正	ASTM E 816 基準直達日射計と比較した、直達日射計校正の標準試験方法

8.5 校正の階層に関する付録

WRR（世界放射基準）は、SI国際単位系で表された放射の測定基準です。WRRは太陽放射測定の世界的な均質性を確立するために導入され、1980年以降使用されています。WRRは15台の校正された絶対放射計から選ばれた一つのグループによって測定された値の加重平均から定義づけられます。この推定値はおよそ0.3%です。WMO（世界気象機関）は1979年に上記基準での使用を義務づけました。

<http://www.pmodwrc>を参照してください。

Huksefluxの標準は屋外のWRR基準に順って校正しています。Huksefluxの校正条件に合わせる為に次の校正値を若干修正しています。

天頂の太陽高度と1000 W / m²日射量レベルに対する補正。屋外では太陽は通常天頂角は20~40°、全日射量は700 W / m²レベルです。

表 8.5.1 日射計のキャリブレーション階層

ワーキングスタンダード（準器）校正 PMOD / WRCダボス

ワーキングスタンダード日射計の校正：

方法：ISO 9846、タイプ1屋外。このワーキングスタンダードには「基準機の不確かさ」が含まれていません。ワーキングスタンダードには、特定の「標準の試験条件」の下で校正されています。ワーキングスタンダードはWRRの世界の放射機基準にトレーサビリティを有します。

標準化された基準条件に対する準器（ワーキング）校正の補正

「準器の試験条件」から「基準条件」への補正 例：20° Cにおいて。
準器日射計の性質として下記の項目が知られています。方向性、非直進性、オフセット、温度依存性。これらの補正には「補正の不果実性」としての不確かさが含まれます。通常の発生率およびHuksefluxでは、ワーキングスタンダード日射計を「準器」と呼んでいます。

屋内製品校正

製品（日射計）の校正：

方法：ISO 9847、タイプIIc、屋内校正。

この校正方法に関連する不確かさがあります。

(BSRN ネットワークのような場合、製品校正は別の方法で行われます。：例としてタイプ1屋外)

キャリブレーションの不確かさ計算

ISO 98-3では測定における不確かさの表現に関するガイドがあります、基準器の不確かさ、補正の不確かさ、手法の不確かさ（転送誤差）があり、GUMが決定されます。

Hukseflux では、カバレッジ係数 $k = 2$ を使用します。

8.6 気象放射線量に関する付録

日射計は放射照度を測定する。ある時間で積分した日射量は、積分日射量と呼ばれます。太陽エネルギー関連では日射量は $W \cdot h/m^2$ で表現されることもあります。

表 8.6.1 WMO が推奨する気象放射線量 (シンボルはHukseflux サーマルセンサ用に追加)。POA は、平面の放射照度を表します。この用語は、ASTM および IEC 標準に由来します。

シンボル	説明	計算	単位	代替式
E_{\downarrow}	下向きの放射照度	$E_{\downarrow} = E_{g\downarrow} + E_{l\downarrow}$	W/m^2	
H_{\downarrow}	指定された時間間隔の下向き放射露光	$H_{\downarrow} = H_{g\downarrow} + H_{l\downarrow}$	J/m^2	
E_{\uparrow}	上向きの放射照度	$E_{\uparrow} = E_{g\uparrow} + E_{l\uparrow}$	W/m^2	
H_{\uparrow}	指定された時間間隔の上向き放射露光	$H_{\uparrow} = H_{g\uparrow} + H_{l\uparrow}$	J/m^2	$W \cdot h/m^2$ 単位の変更
E	太陽の直達放射 見かけ上の太陽天頂角		W/m^2	DNI 直達放射
E_0	太陽定数		W/m^2	
$E_{g\downarrow h}$	グローバルな放射照度; 指定された場合の半球照射 (この場合は水平な表面)	$E_{g\downarrow} = E \cos \theta_h + E_{d\downarrow}$	W/m^2	GHI グローバル水平放射
$E_{g\downarrow t}$	グローバルな放射照度; 指定された表面上の半球照射 (この場合は傾いた表面)。	$E_{g\downarrow} = E \cdot \cos \theta_t + E_{d\downarrow t} + E_{r\uparrow t}^{***}$	W/m^2	Poa アレイの平面
$E_{d\downarrow}$	下向きの拡散日射		W/m^2	DHI 拡散水平放射
$E_{l\uparrow}, E_{l\downarrow}$	上向き/下向きの長波放射照度		W/m^2	
$E_{r\uparrow}$	太陽放射反射		W/m^2	
E^*	ネット放射照度	$E^* = E_{\downarrow} - E_{\uparrow}$	W/m^2	
T_{\downarrow}	見かけの上の表面温度**		$^{\circ}C$ または K	
T_{\uparrow}	見かけの上の空の温度**		$^{\circ}C$ または K	
SD	日照時間		H	

θ は見かけ上の太陽天頂角、 θ_h は水平に対する見かけの太陽天頂角、 θ_t は傾斜角に対する見かけの太陽天頂角

g = グローバル、l = 長波、t = 傾斜*、h = 水平*

* Huksefluxからみた水平度及び傾斜角の区別

** Huksefluxによって導入されたTシンボル、

*** $E_{g\downarrow t}$ と $E_{r\uparrow t}$ の寄与は $E_{r\uparrow}$ と $E_{d\downarrow}$ の両方は表面の傾き角度に対して補正。

8.7 ISO および WMO 分類テーブルの付録

表 8.7.1 ISO 9060 および WMO に対する日射計の分類表

注: スペクトル選択性の WMO 仕様は、ISO の仕様とは異なります。HuksefluxはISOの限界に準拠しています。WMO は、期待される精度も指定しています。ISOは、校正も含むため、これは分類システムの一部ではないと考えています。WMO達成可能な精度は、中間緯度での晴れた日であり、不確かさの推定には校正による不確かさが含まれていないことに注意してください*。

ISO 分類** テーブル			
ISOクラス	セカンダリ スタンダード	ファーストクラス	セカンド クラス
仕様限界			
応答時間 (95%)	15 s	30 s	60 s
ゼロオフセット 赤外放射依存 (200W/m ²)	+ 7 W/m ²	+ 15 W/m ²	+ 30 W/m ²
ゼロオフセットb(周囲温度における5K/hへの応答)	± 2 W/m ²	± 4 W/m ²	± 8 W/m ²
非安定性(年ごとの変化)	± 0.8 %	± 1.5 %	± 3 %
非直進性(100~1000 W/m ²)	± 0.5 %	± 1 %	± 3 %
方向応答特性	± 10 W/m ²	± 20 W/m ²	± 30 W/m ²
波長選択特性(350~1500 x10 ⁻⁹ m)	± 3 %	± 5 %	± 10 %
温度応答(50 Kの間隔)*	2 %	4 %	8 %
角度特性 (1000 W/m ² で0~90°)	± 0.5 %	± 2 %	± 5 %
追加の WMO 仕様			
WMOクラス	高品質	良い品質	中程度の品質
WMO: 日の合計の達成可能な精度* (日積算の不確かさ)	2 %	5 %	10 %
WMO: 時間ごとの合計の達成可能な精度* (時間積算の不確かさ)	3 %	8 %	20 %
WMO: 分の合計の達成可能な精度* (分積算の不確かさ)	指定されていません	指定されていません	指定されていません
WMO: 解像度 (変化可能な最小値)	1 W/m ²	5 W/m ²	10 W/m ²
WMO: スペクトル選択性 (300~3000 x10 ⁻⁹ m)	± 2 %	± 5 %	± 10 %
適合性テスト***			
ISO 9060	個々の機器: すべての仕様を 遵守する必要があります	グループコ ンプライア ンス	グループコ ンプライア ンス

* WMO 7.2.1: 予測される不確かさは、次の仮定に基づいています: (a) 機器は、適切に維持され、正しく整列し、クリーンな状態。(b) 1分および1時間の数字は、正午の太陽の晴天放射照度を示します。(c) 日毎の値は、中緯度で晴れた日の値です。WMO 7.3.2.5: 表 7.5 は、真の値から校正時の誤差を除いた予想最大偏差を示しています。

** Huksefluxでは、2%の範囲ではなく±1%の式が使用されます。

*** 機器はその仕様に関する適合性テストの対象となります。分類に応じて、適合性コンプライアンスは、グループまたは個別のコンプライアンスによって証明できます。それぞれのテスト結果の平均値が、特定のカテゴリの機器仕様の対応制限値を超えない場合、仕様は満たされます。

8.8 日射計仕様の定義に関する付録

表 8.8.1 日射計仕様の定義

仕様	定義	ソース
応答時間 (95%)	95 % 応答の時間。センサに外乱が加えられ、計測値に変化を伴う場合、その瞬間値から最終的に指定された制限内の変化値に到達するまでの時間間隔。最終的な読み取り値で安定する熱慣性の計測値を表します。	ISO 9060- 1990 WMO 1.6.3
ゼロオフセット a: (200 W/m ² 正味 熱放射)	200 W/m ² 正味熱放射に対する応答。Huksefluxは、機器が換気されていない場合、最悪のケースとしてのゼロオフセット特定しておく必要がある事を前提しています。 ゼロオフセットは、ゼロ点の安定性の尺度です。 ゼロオフセットaは、夜間にマイナスオフセットになります。機器のドームから冷えた空に遠赤外線照射します。この照射によりドーム温度が相対的に下がり、機器本体も冷却されます。これにより負のオフセットを引き起こします。ゼロオフセットaは昼間でも存在します。	ISO 9060- 1990
ゼロオフセットb: (周囲温度で5 K/h)	任意温度における5 K/h変化に対する応答。 ゼロオフセットは、ゼロ点の安定性の計測値です。	ISO 9060- 1990
非安定性(経年 変化)	1年あたりの感度の変化率。経年変化に起因する感度の長期的な安定性	ISO 9060- 1990
非直線性(100 ~1000 W/m ²)	100 W/m ² ~1000 W/m ² の範囲内での放射照度の変化500W/m ² における感度からの割合偏差。 非線形性は方向応答と重複するため、不確かさ評価では注意して処理する必要があります。	ISO 9060- 1990
方向応答性	放射照度が1000 W/m ² であるビーム放射を任意の方向から測定する場合、放射照度感度が全方向に有効であると仮定することによって引き起こされる誤差の範囲。方向応答は理想的な「コサイン特性」からの偏差です。	ISO 9060- 1990
波長選択性(350~ 1500 x 10 ⁻⁹ mまで) (WMO 300~ 3000 x 10 ⁻⁹ mまで)	350 x 10 ⁻⁹ mから1500 x 10 ⁻⁹ mまでの波長の吸収率と透過率の機器のもつ偏差。波長選択性は感度の波長選択性の計測値です。	ISO 9060- 1990
温度応答性 (50Kの間隔)	日射計本体に対して周囲温度の50 Kの間隔での変化による感度の偏差。	ISO 9060- 1990
傾斜応答(1000 W/m ² において 0° から90°)	0° の傾き(水平)での感度からの偏差は、0° から90° までの傾きが1000 W/m ² の照射において変化します。傾斜応答は、受け側表面の傾き角度の変化による感度の変化を表します。	ISO 9060- 1990
感度	測定機器の応答の変化を入力値の変化で割った値	WMO 1.6.3
波長範囲	機器が応答できる放射線の波長範囲。通常の日射計の場合、これは0.3~3 x 10 ⁻⁶ mの範囲でなければなりません。色付きガラスドームを備えたいいくつかの日射計は、波長範囲が限られています。	Hukseflux

8.9 用語集/用語集に関する付録

表 8.9.1 使用用語の定義と参照

用語	定義 (参照)
太陽エネルギーまたは太陽放射	太陽エネルギーは太陽が放出する電磁エネルギーです。太陽エネルギーは日射量と短波放射とも呼ばれます。地上の大気の上で起こった太陽放射は、地球外太陽放射と呼ばれます。放射波長の97%は $290\sim 3000 \times 10^{-9}$ mの波長範囲の中に含まれます。地球外太陽放射の一部は大気に浸透し、地球の表面に直接到達しますが、その一部は大気中のガス分子、エアロゾル粒子、雲滴および雲の結晶によって散乱および/または吸収されます。日射成分の前者は直接光、後者は拡散光になります。 (参照:WMO、Hukseflux)
全天日射放射	180° 視野角から平面(2π srの立体角)で受けた太陽放射。(参照: ISO 9060)
全天日射	水平面上の視野角の180° から受けた太陽放射は、全天日射またはGHI呼ばれます。これには、太陽の円の立体角から直接受けた放射線や、大気を横断する際に散乱した拡散放射が含まれます。(参照: WMO) 水平面で受ける全天日射放射。(参照: ISO 9060)
アレイ平面放射	POA:PVアレイの平面における全天日射放射。(参照: ASTM E2848-11 / IEC 61724)
直接日射	太陽の円盤を中心とした小さな固体角度から受けた放射線平面。(参照: ISO 9060)
陸上または長波放射	太陽起源ではなく、地上および大気起源の放射線で、より長い波長($3\ 000\sim 100\ 000 \times 10^{-9}$ m)を有する。 E_{\downarrow} の場合、宇宙からの背景放射線も関与し、「大気窓」を通過します。 E_{\uparrow} の場合、地球の表面や大気中の気体、エアロゾル、雲によって放出される長波電磁エネルギーで構成され、大気の中でも部分的に吸収されます。300 K の温度では、地上放射線のパワーの 99.99% は $3\ 000 \times 10^{-9}$ m より長いであり、約 99%は $5\ 000 \times 10^{-9}$ m より長いである。低い温度の場合、スペクトラムはより長い波長にシフトシフトします。(参照: WMO)
世界放射基準 (WRR)	±0.3%未満の不確かさを有するSI単位の放射量を表す測定基準(気象機器と観測方法のWMOガイド、1983年、9.1.3項を参照)。この基準は世界気象機関(WMO)によっても採用され、1980年7月1日から有効です。(参照: ISO 9060)
アルベド	反射と入射日射量の比率。無次元量であり0 と 1 の間。典型的なアルベド値は、水の場合は<0.1、湿った土壌の場合は0.1から0までです。乾燥した砂の場合は5、植生の場合は0.1から0.4、新鮮な雪の場合は0.9まで。
入射角	センサに対する放射線の角度(0° から90° まで変化する)。
天頂角	天頂に対する放射線の発生角。水平に取り付けられた機器の発生角に等しい
方位角	放射の方位角度は、センサ表面の平面に投影される。0° から360° まで変化する。0 は定義上、ケーブル出口方向を北側と呼び、東は + 90° です。(ASTM G113-09)
日照時間	特定の期間の日照時間は、直接太陽放射照度が 120 W/m^2 を超える期間の合計として定義されます。(参照: WMO)

8.10 温度への抵抗変換に関する付録

SR20は内部に温度センサが装備されています。これは、ご注文時にPt100 (SR20-T1 バージョン) または 10 kΩ サーマスタ (SR20-T2 バージョン) を選択いただきます。

どちらのバージョンでも、温度センサの抵抗を測定し、この値を温度に変換する必要があります。多くのデータロガーは、このような変換を実行するための組み込み関数を持っています。ユーザーが抵抗(オーム)から温度(Celsius)を計算したい場合は、2つの異なる手順があります。

SR20-T1

T1バージョンはPt100白金抵抗温度計を装備しています。DIN EN 60751に従ってクラスAに分類されます。それは0の温度で100 Ωの抵抗となります。

° Cの温度にΩの抵抗を変換するには、次の式を使用することができます。

$$T = \frac{-A + \sqrt{A^2 - 4B(1 - \frac{R_{Pt100}}{100})}}{2B} \quad (\text{Formula 8.10.1})$$

R_{Pt100} の抵抗はΩで、Tは温度を° C、AおよびBはPt100係数

$$A = 3.908 \times 10^{-3}$$

$$B = -5.775 \times 10^{-7}$$

SR20-T2

T2バージョンには、タイプ44031RCの10kΩサーミスタが装備されています。25 ° Cの温度で10000 Ωの抵抗となります。

° Cの温度に対するΩの抵抗を変換するには、スタインハート方程式を使用することができます。サーミスタの抵抗を測定し、抵抗から温度を計算します。

$$T = \frac{1}{\alpha + \beta \ln(R_{\text{thermistor}}) + \gamma \ln(R_{\text{thermistor}})^3} - 273.15 \quad (\text{Formula 8.10.2})$$

$R_{\text{thermistor}}$ はΩでサーミスタ抵抗Tを ° C、 α 、 β 、 γ のスタインハート係数

$$\alpha = 1.0295 \times 10^{-3}$$

$$\beta = 2.391 \times 10^{-4}$$

$$\gamma = 1.568 \times 10^{-7}$$

8.11 EU適合宣言



We, Hukseflux Thermal Sensors B.V.
Delftechpark 31
2628 XJ Delft
The Netherlands

in accordance with the requirements of the following directives:

2011/65/EU The Restriction of Hazardous Substances Directive
2014/30/EU The Electromagnetic Compatibility Directive

hereby declare under our sole responsibility that:

Product model: SR20
Product type: Pyranometer

has been designed to comply and is in conformity with the relevant sections and applicable requirements of the following standards:

Emission: IEC/EN 61000-6-1, Class B, RF emission requirements, IEC CISPR11
and EN 55011 Class B requirements
Immunity: IEC/EN 61000-6-2 and IEC 61326 requirements
Report: "EMC test 08C01340RPT01 LP02 v06012009.pdf", 09 January, 2009

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Eric HOEKSEMA', written over a faint circular stamp or watermark.

Eric HOEKSEMA
Director
Delft
20 April, 20