

取扱説明書

Rev 1610

2017年9月



Based ON

SR05 manual ver.1610

Edited & Copyright by:

Hukseflux Thermal Sensors

<http://www.hukseflux.com>

e-mail: info@hukseflux.com



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

警告と安全性について



SR05 センサーの配線間に 30 ボルト以上の電圧を加えると、センサーが破損する原因となります。



機器の接地を正しく取るために、SR05 の専用ケーブルをご使用ください。詳細は接地とシールドの章を参照ください。



2 つ以上の機器を使用する際に、同じ Modbus アドレスを使うと、ネットワーク全体に対して異常な動作を引き起こすことがあります。



SR05 のレジスタ番号に対して+1 オフセットしたい場合、ネットワークマスターの処理が必要です。ローカルマスター機器のマニュアルを参照してください。

目次

警告	2
目次	3
記号/用語一覧	5
イントロダクション	6
1 梱包内容の確認	9
1.1 機器の種別	9
1.2 部品の確認	10
1.3 機器の簡易チェック	10
2 計測原理	11
3 仕様	13
3.1 SR05-DA1 および SR05-DA2 の仕様	13
3.2 寸法	17
4 使用方法	18
4.1 クラス分類	18
4.2 日射計測のための機器の使用	18
4.3 日照時間計測のための機器の使用	18
4.4 PV システムのパフォーマンス試験のための機器の使用	19
4.5 気象学研究での機器の使用	19
5 SR05 の導入	20
5.1 設置場所の選定と導入	20
5.2 SR05 の設置と水準調整	21
5.3 SR05 の設置	21
5.4 ボールレベリングとポールマウント付き SR05 の設置	21
5.5 ボールレベリングシムの取り付けと取り外し	24
5.6 SR05 の配線: 配線表	25
5.7 グラウンドとシールドの利用	27
5.8 SR05-DA1 0 to 1 V 出力	27
5.9 SR05-DA2 4-20 mA 出力	28
5.10 SR05-DA1、SR05-DA2 デジタル出力	30
5.11 SR05-DA1 の RS-485 接続	30
5.12 SR05-DA2 と TTL デバイスの接続	32
5.13 PC との接続	33
6 通信	35
6.1 PC 通信: センサマネジメントソフトウェア	35
6.2 ネットワーク通信: ファンクションコード、レジスタ、コイル	40
6.3 ネットワーク通信の方法	45
6.4 ネットワーク通信: マスターリクエストの例	46
7 メンテナンスとトラブルシューティング	48
7.1 メンテナンスと品質保証	48
7.2 トラブルシューティング	49
7.3 屋外におけるキャリブレーションとチェック	49
7.4 データの品質保証	50
8 付録	51
8.1 ケーブルの延長と交換	51
8.2 工具	53
8.3 スペアパーツ	53
8.4 クラス分類とキャリブレーション標準	54
8.5 キャリブレーション体系	55
8.6 気象学的な放射の定量化	55
8.7 ISO および WMO クラス分類表	57
8.8 日射計の仕様に関する定義	58
8.9 用語集	59
8.10 浮動小数点フォーマット変換	60
8.11 ファンクションコード、レジスタ、コイル概要	61

記号/用語一覧

Quantities

電圧出力
感度
太陽放射

0-1V 出力
0-1V 出力レンジ

0-20mA 出力
抵抗
4-20mA 出力レンジ

(9.6 節も参照)

Symbol Unit

U	V
S	V/(W/m ²)
E	W/m ²
U	V
r	W/m ²
I	A
R	Ω
r	W/m ²

イントロダクション

SR05 全天日射計は、最新の ISO と WMO(世界気象機関)標準規格であるセカンドクラスに準拠しています。一般的な農業気象ネットワークや PV モニタリングにおける一般的な日射計測に適しています。SR05 は設置と導入が簡単です。また、デジタル、アナログの両方のアウトプットに対応しています。

SR05 全天日射計は水平面に入射する太陽光(全天日射:W/ m²で表されます)を 180 度の視野で測定します。設置や出力に応じて異なる設定が利用可能です。

SR05 の利点:

- 工業的に標準化されたデジタル出力:実装や提供が容易。
- 設置と水準合わせが容易。
- 価格:大規模ネットワーク向けの手頃な価格のセカンドクラス日射計。

SR05 は黒色塗装されたサーモパイルセンサを採用していて、1 重ドームとアルマイト加工されたアルミニウムボディ、水準器を備えています。SR05 は多くの工業標準化された出力をデジタル、アナログの両方で提供します。

- SR05-DA1: RS-485 を用いた Modbus または電圧出力 (0-1V)
- SR05-DA2: TTL を用いた Modbus または電流出力 (4-20mA)

設置を容易にするためにオプションとして本センサにはユニークなボールレベリングメカニズムとポールマウントがあります。



Figure 0.1 左の水準器、M12-A ケーブルコネクタ付き SR05 デジタルセカンドクラス日射計は標準的な仕様です(3m ケーブルが標準で付属します)。右のボールレベリング付きは据え付けと(非)水平面調整が容易な仕様です。



Figure 0.2 SR05 デジタルセカンドクラス日射計。オプションのボールレベリングとポールマウント付属(パイプは付属しません)。

PC と SR05 の通信のためにフクセフルックスセンサマネジメントソフトウェアがダウンロード可能です。これにより、ユーザーはデータのプロット、エクスポート、SR05 の Modbus アドレスと通信設定を変更することができます。

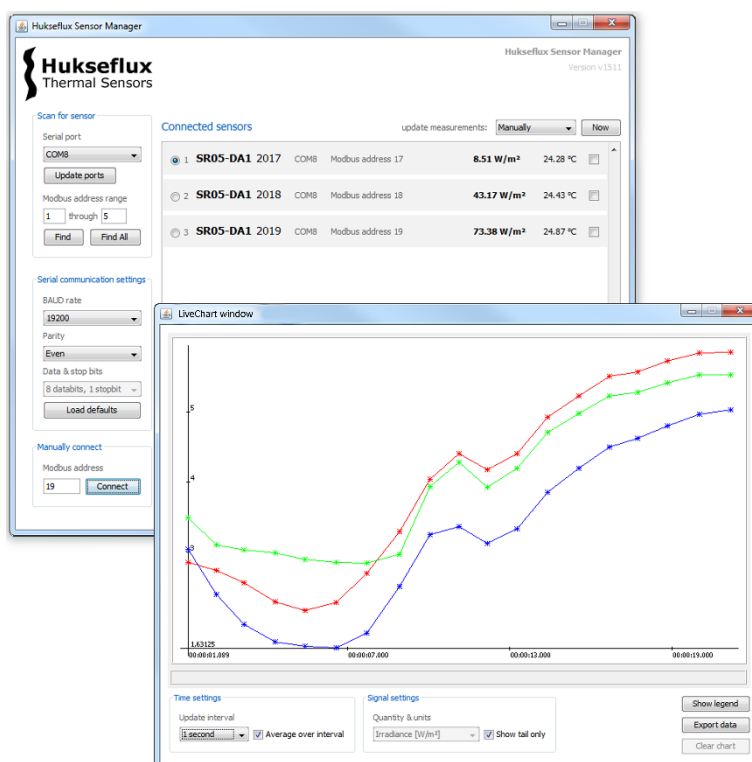


Figure 0.3 センサマネージャのウィンドウ

SR05 の推奨用途:

- 一般的な日射計測
- 農業気象ネットワーク
- PV 発電設備モニタリング

SR05-DA1 は RS-485 の Modbus RTU (Remote Terminal Unit) プロトコルをサポートしている SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) システムに適しています。これらのネットワークはセンサはスレーブとして動作します。SR05-DA1 をネットワークで使用することは簡単です。正しい Modbus アドレスと通信設定を行い、電源を供給しさえすれば機器は RS-485 ネットワークで使用できます。典型的なネットワークは放射照度(2+3 レジスタ)と温度(6 レジスタ)データが 1 秒毎の 60 秒平均で必要です。レジスタ内容の処理と有用なデータへの変換のリクエスト方法についてはネットワーク通信の章をご覧ください。ユーザーはネットワークにセンサを導入する際には Modbus 通信プロトコルの知識も必要となります。

SR05-DA1 で提供されるアナログ出力(0-1V)を使用する場合、機器は 0-1V 信号に対応した一般的なデータロガーに直接接続することができます。

SR05-DA2 のデジタル出力を使用する場合、TTL レベルの Modbus に対応した TTL 機器に接続することができます。もしくは SR05-DA2 の 4-20mA アナログ出力を使用する場合には 4-20mA 電流出力に対応したデータロガーを用いることができます。

どちらのバージョンの SR05 も ISO, WMO, ASTM の推奨方法に従ってください。

日射計の推奨されるキャリブレーション間隔は 2 年間です。提供された感度とキャリブレーション履歴を含む SR05 のレジスタにはパスワードを持ったユーザーのみアクセス可能です。このことはユーザーにローカルキャリブレーションサービスを利用することを許可しています。同じレジスタは遠隔操作可能なフィールドにおける日射計の再キャリブレーションにも利用可能です。本機能や ISO、ASTM 準拠のフィールドキャリブレーションの手順については Hukseflux へお問い合わせください。

ASTM E2848 “Standard Test Method for Reporting Photovoltaic Non-Concentrator System Performance”(2011 発行)によると日射計は PVC システムの性能モニタリングに適した機器だとされています。SR05 日射計はこの標準の要求に 대응することができます。さらに情報が必要な場合、日射計選定ガイド

(http://www.weather.co.jp/catalog.html/Pyrano_Glass.htm)をごらんください。

WMO は “WMO-No. 8, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation” において、日射計測から日照時間を計算する方法について認めています。このことは SR05 は適切なソフトウェアと共に日照時間の推定にも利用できることを意味しています。これは専用の日照計を用いるよりもコスト面で優位です。

1 梱包内容の確認

1.1 機器の種別

SR05 は 2 つの標準的な設定があり、それぞれにいくつかのオプションがあります。

- SR01-DA1: RS-485 Modbus 通信と 0-1V 出力 ケーブル長 3m
- SR05-DA2: TTL Modbus 通信と 4-20mA 出力 ケーブル長 3m

共通オプション:

- 10,20m ケーブル
- 延長ケーブル(コネクタ付き)
- ボールレベリング
- ボールレベリング付きパイプマウント(直径 25mm-40mm に対応)

ボールレベリングは再設置に有効

Table 1.1.1 SR05 のオーダーコード

SR05 バージョン	
SR05-DA1	デジタルセカンドクラス日射計 RS-485、0-1 V 出力
SR05- DA1-BL	デジタルセカンドクラス日射計 Modbus over RS-485、0-1 V 出力 ボールレベリング
SR05-DA1-TMBL	デジタルセカンドクラス日射計 Modbus over RS-485、0-1 V 出力 ポールマウント、ボールレベリング
SR05-DA2	デジタルセカンドクラス日射計 Modbus over TTL、4-20 mA 出力
SR05-DA2-BL	デジタルセカンドクラス日射計 Modbus over TTL、4-20 mA 出力 ボールレベリング
SR05-DA2-TMBL	デジタルセカンドクラス日射計 Modbus over TTL、4-20 mA 出力 ポールマウント、ボールレベリング
SR05 ケーブル センサ側 M12-A メスコネクタ付属	
'-03' SR05 の枝番	標準ケーブル長 3m
'-10' SR05 の枝番	ケーブル長: 10 m
'-20' SR05 の枝番	ケーブル長: 20 m
延長ケーブル オススメ M12-A コネクタ付き	
C06E-10	ケーブル長: 10 m
C06E-20	ケーブル長: 20 m

コネクタペア付き延長ケーブルは通常のケーブルと組み合わせて使うことができます。

例:ケーブル長 15m が必要な場合、20m ケーブルの SR05 を購入してケーブルをカットする。

例:ケーブル長 30m が必要な場合、10m ケーブルの SR05 を購入して 20m の延長ケーブルを購入する。

1.2 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。

- 全天日射計 SR05
- ご注文した長さのケーブル
- 計器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

※校正書は大切に保管してください。

SR05-DAx-BL は下記が付属します。

- ボールレベリング
- 4 mm 6 角レンチ
- シム
- 2 x M5x20 ネジ
- 2 x M5 ナット

SR05-DAx-TMBL は下記が付属します。

- ボールレベリング
- 4 mm 6 角レンチ
- シム
- 2 x M5x20 ネジ
- 2 x M5 ナット
- ポールマウント
- 2 x M5x30 ネジ
- 2 x M5x40 ネジ

1.3 機器の簡易チェック

機器の簡易チェックは機器をセンサマネージャソフトウェアをインストールした PC に接続して行います。詳細は SR05 の導入や PC 通信の章をご覧ください。

1. 電源を入れると 0 とは異なる値を一時的に出力することがあります。オフセットを安定させてください。
2. センサーを強い光源にさらしてセンサーが光に反応するか確認してください。例えば 100W の電球をセンサーから 0.1m の距離に置くと $100\text{W}/\text{m}^2$ と出力されます。センサー部を何かで覆うか光源のスイッチを切って暗くすると放射照度の出力値が下がり 1 分以内に $0\text{W}/\text{m}^2$ に近づきます。
3. 水準器を検査してください。
4. 機器に損傷がないか検査してください。
5. 機器のシリアルナンバーがソフトウェアに表示されたものと機器のラベル上のもの、同梱の証明書に記載されたものの全てが一致するか確認してください。

2 計測原理

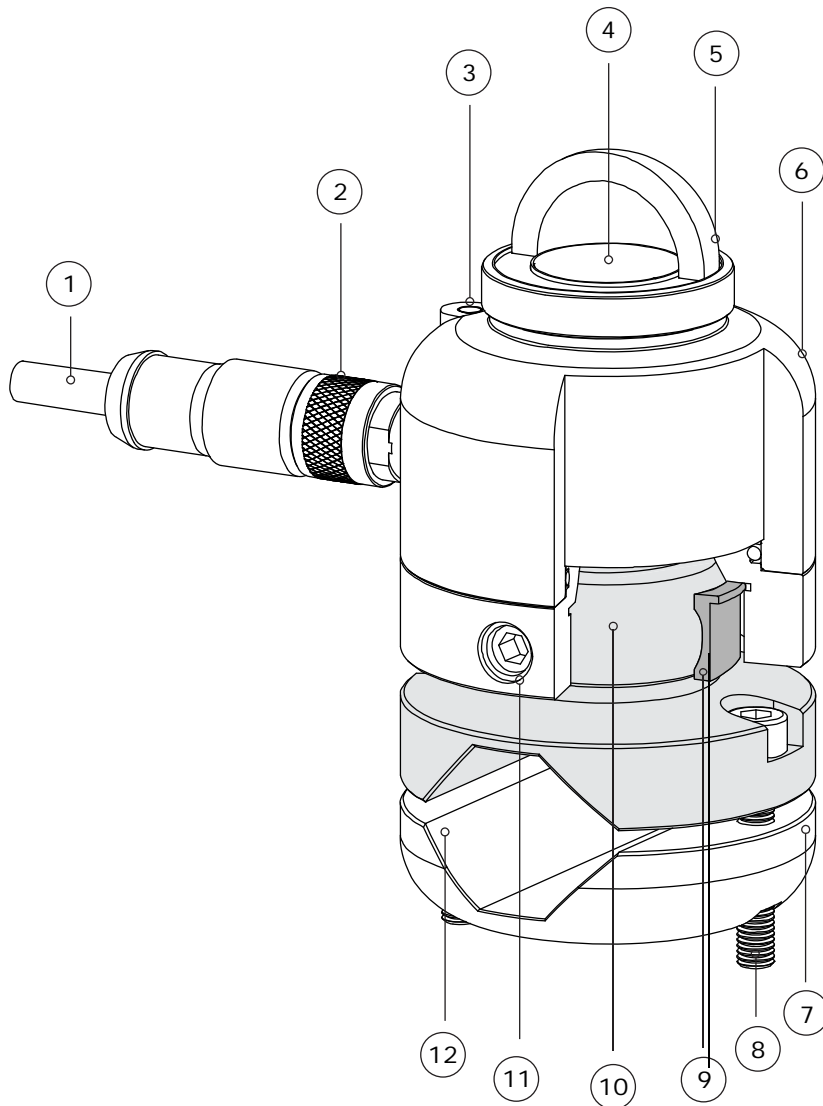


Figure 2.1 SR05 外観:
グレーの部分はボールレベリング及びシム

- 1) ケーブル(標準 3m 長)
- 2) コネクタ
- 3) 水準器
- 4) 黒色塗装された熱電推
- 5) ガラスドーム
- 6) センサボディ
- 7) パイプマウント(オプション)
- 8) マウントネジ(ボールレベリング、ポールマウントに付属。4mm6 角レンチが必要)
- 9) シム(ボールレベリングに付属)
- 10) ボールレベリングマウント
- 11) 水準調整用皿ネジ(ボールレベリング、ポールマウントに付属)
- 12) ボールレベリング、ポールマウント使用時の 25Φ-40Φ用穴

SR05 の科学的な名称は日射計です。日射計は水平面に入射する太陽光(全天日射:W/ m² で表されます)を 180 度の視野で測定します。太陽光の波長はおおよそ 285 to 3000 x 10⁻⁹ m です。日射計の定義によると、日射計はこの波長域をできるだけフラットにカバーする必要があります。

放射照度計測は入射角のコサインによって変化する放射「ビーム」に反応するものと定義されている。すなわち、太陽放射がセンサに垂直に当たるときに十分に反応し(天頂角が 0 度)、太陽が地平線(天頂角が 90 度)でゼロ反応するはず。また、天頂角が 60 度のときに 50%の反応をするはず。

日射計はいわゆる角度反応(古いドキュメントではコサイン反応)を示し、これは理想的にはコサイン特性に近くなると考えられます。

好ましい角度と波長特性を実現するために日射計は下記の部品で構成されています。

- 黒色塗装された熱電推。これは 200-50000nm の波長について平坦な特性があり、ほとんど完全な角度特性をもちます。塗装はすべての日射を吸収し、吸収の瞬間に熱に変換されます。熱はセンサからボディを伝って流れます。熱電推は日射の一部を電圧出力信号に変換します。
- ガラスドーム。ドームは 285-3000nm レンジの波長領域に制限し(3000nm 以上の波長をカットする)、180 度の視野があります。ドームのもう一つの機能としては熱電推を様々な環境(対流や雨)から保護することがあります。

SR05 は高性能の 24 ビット A/D コンバーターを持ち、熱電推のアナログ電圧出力をデジタル信号に変換します。

日射計は製造において器差が生じ得ます。ISO9060-1990 標準“Solar energy – specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation”では 3 つのクラスについて述べられています。すなわちセカンダリースタンド(最高精度)、ファーストクラス(二番目に高精度)、セカンドクラス(三番目の精度)です。

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セカンダリースタンドになることで精度が向上します。

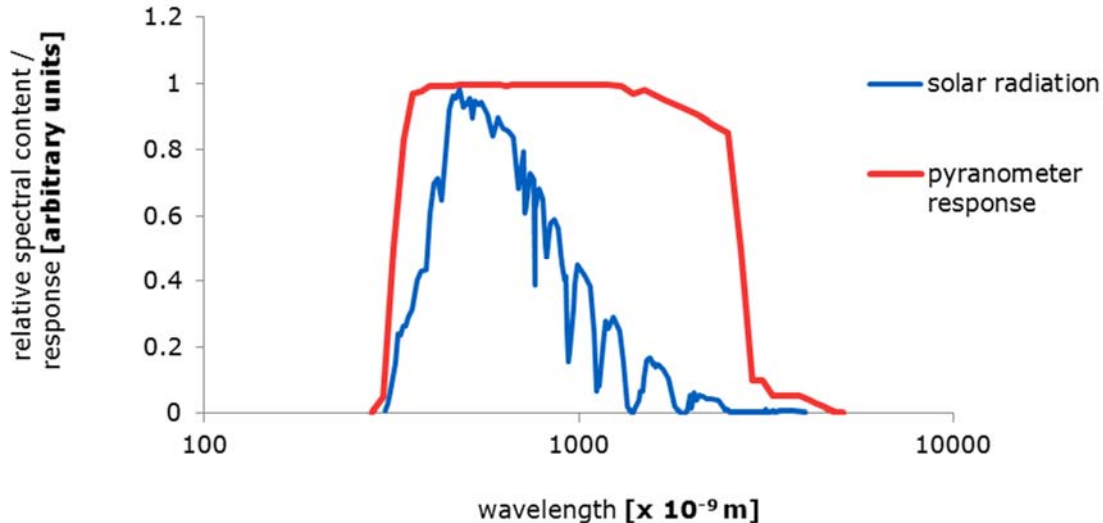


Figure 2.2 全天日射計のスペクトル応答と太陽スペクトルの比較。全天日射計は全太陽スペクトルの無視できる部分をカットオフするだけです。

3 仕様

3.1 SR05-DA1 および SR05-DA2 の仕様

日射計は水平面に入射する太陽光(全天日射:W/ m²で表されます)を 180 度の視野で測定します。

SR05-DA1 は日射(W/ m²)をデジタルまたは 0-1V で出力します。これは適切な電源の供給と RS485 の Modbus 通信もしくは 0-1V 信号を処理可能なデータ計測システムが必要です。

SR05-DA2 は日射(W/ m²)をデジタルまたは 4-20mA で出力します。これは適切な電源の供給と TTL レベルの Modbus 通信もしくは 4-20mA 信号を処理可能なデータ計測システムが必要です。

本機器は ISO9060 に準拠して分類されています。また、ISO,IEC,WMO,ASTM にも準拠しています。

Table 3.1.1 SR05 仕様

SR05 仕様 ISO9060 に準拠した仕様リスト	
ISO クラス(ISO9060:1990)	2nd class 全天日射計
WMO 性能レベル(WMO-No.8, 2008 年第 7 版) WMO performance level (WMO-No. 8, seventh edition 2008)	moderate quality pyranometer
応答時間(95%)	18 秒 18 s
ゼロオフセット赤外放射依存 a(200 W/m ²)	< 15 W/m ² unventilated
ゼロオフセット温度依存 b(5K/hr)	< ± 4 W/m ²
非安定性	< ± 1 % (経年変化/year)
非直線性	< ± 1 % (100~1000 W/m ²)
方向応答特性	< ± 25 W/m ² < ± 25 W/m ²
波長選択特性	< ± 5 % (0.35~1.5 x 10 ⁻⁶ m)
温度応答特性	< ± 3 % (-10 ~ +40 ° C)
傾斜応答特性	< ± 2 % (鉛直 1000 W/m ² 放射照度に対してセンサーを 0~90 ° 傾斜させたときの出力変化)

*正確な定義については ISO9060 の日射計仕様をご参照下さい。

Table 3.1.1 SR05 仕様(続き)

SR05 の詳細仕様	
測定対象	全天日射
測定対象の SI 単位 units	日射量 W/m^2
測定対象(オプション)	日照時間
視野角	180 °
出力詳細	4 個移動平均値の 10Hz 更新, 10Hz サンプル
推奨データ回収間隔	1 秒サンプル, 60 秒平均で保存
測定レンジ	0~2000 W/m^2
測定機能/日照時間測定用のプログラム	プログラムは WMO ガイドの 8.2.2 を参照してください。
内蔵温度センサー	MAX31725 Digital temperature sensor
動作温度	-40 ~ +80 ° C
波長範囲 (20 % transmission points)	285~3000 nm 285 to 3000 $\times 10^{-9}$ m
標準的な機器の使用管理	ISO/TR 9901:1990 Solar energy -- Field pyranometers -- Recommended practice for use ASTM G183 - 05 Standard Practice for Field Use of Pyranometers, Pyrhemometers and UV Radiometers
標準のケーブル長(オプションで変更可能です。)	3 m
ケーブル径	4.8 mm
コネクタ筐体	M12-A ストレートオスコネクタ, 5 穴
コネクタタイプ	M12-A
ケーブルコネクタ	M12-A ストレートメスコネクタ, 5 穴
ケーブルコネクタタイプ	M12-A
コネクタ保護クラス	IP67
ケーブル交換	コネクタ付き延長ケーブルの注文や交換は販売元からご注文いただけます。
取り付け金具(オプションを参照してください。)	2 x M5 ボルト 南北軸に 46mm 間隔。4mm の 6 角レンチが必要
水平調整(オプションを参照してください。)	付属の水準器を使用してください。
気泡管の精度	< 0.6 ° (気泡がリング内に収まっている場合)
除湿剤	シリカゲル 1g, in a HDPE bag, (25 x 45) mm
IP 保護等級	IP67
3m ケーブルを含んだ総重量(梱包込み)	0.45 kg
3m ケーブルを含んだ総重量	0.35 kg
梱包サイズ	170 x 100 x 80mm 170 x 100 x 80mm
校正・キャリブレーション	
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の体系	WRR, ISO 9846, ISO 9847 from WRR through ISO 9846 and ISO 9847, applying a correction to reference conditions
キャリブレーション方法	ISO 9847, Type IIc に準拠した屋内キャリブレーション
キャリブレーションの不確かさ	< 1.8 % (k = 2)
推奨キャリブレーション間隔	2 年間
リファレンス環境	20 ° C、自然光、水平設置、放射照度 1000 W/m^2
キャリブレーションの信頼性	保管中に機器の応答性が変化することはありません。太陽光に晒された環境下で使用する際は“non-stability”の仕様が適用されません。
再キャリブレーション後の調整	センサマネジメントソフトウェアの power user を用います。Power user は出荷状態での調整結果やキャリブレーションの履歴が参照可能。

ヒーター	
ヒーター	無し
測定の精度と分解能	
測定値の不確かさ	全体的な測定において不確かさは個体間でのみみられたと報告されています。詳細は uncertainty evaluation の章を参照してください。
WMO による日積算値の精度の推定値	10 %
WMO による 1 時間積算値の精度の推定値	20 %
放射照度の分解能	0.2 W/m ²
筐体の温度センサーの分解能	3.9 x 10 ⁻³ ° C
筐体の温度センサーの精度	± 0.5 ° C
SR05-DA1: デジタル出力	
デジタル出力	放射照度 W/m ² 筐体の温度 °C
電源	5 to 30 VDC
消費電力	12VDC 時において < 0.075 W
通信プロトコル	2 線 RS-485 Modbus 半二重通信
送信モード	Modbus RTU
PC を使用した通信に必要なシステム	Windows Vista または以降のもの, USB または RS-232 (COM) port とコネクタ, RS-485 / USB コンバータ または RS-485 / RS-232 変換器
PC を使用した通信に必要なソフトウェア	Java Runtime Environment - software 以下のサイトから無料で入手できます。 http://www.java.com
PC のユーザーインターフェース	Hukseflux Sensor Manager software 以下のサイトからソフトのダウンロードと最新版への更新ができます。 http://www.hukseflux.com/page/downloads
SR05-DA1: アナログ出力 (0~1V)	
0~1 V 出力	放射照度 W/m ²
出力レンジ	0~1600 W/m ²
出力シグナル	0~1V
標準設定 (詳細はオプションを参照してください。)	0 V 時は 0 W/m ² 、1 V 時は 1600 W/m ²
電源	5 ~ 30 VDC
消費電力	<0.075W (12VDC 時)
SR05-DA2: デジタル	
デジタル出力	放射照度 (W/m ²) 筐体の温度 (°C)
電源	5 ~ 30 VDC
消費電力	< 240 x 10 ⁻³ W (12 VDC 時)
通信プロトコル	Modbus over TTL
変換モード	Modbus RTU
PC を使用した通信に必要なシステム	Windows Vista または以降のもの, USB または RS-232 (COM) port と connector, RS-485 / USB converter または RS-485 / RS-232 converter
PC を使用した通信に必要なソフトウェア	Java Runtime Environment - software 以下のサイトから無料で入手できます。 http://www.java.com

PC 上のユーザーインターフェース	Hukseflux Sensor Manager software 以下のサイトからダウンロードとソフトウェアの更新が可能です。 http://www.hukseflux.com/page/downloads
SR05-DA1: アナログ出力(4~20mA)	
4~20mA 出力	放射照度 W/m ²
出力レンジ	0 ~ 1600 W/m ²
Output signal 出力シグナル	4 ~ 20 x 10 ⁻³ A
標準設定(詳細はオプションを参照)	4 x 10 ⁻³ A 時は 0 W/m ² 、 20 x 10 ⁻³ A 時は 1600 W/m ²
4 ~ 20 mA 出力の動作	2 線のカレントループ
電源	5~30 VDC
消費電力	< 240 x 10 ⁻³ W (12 VDC 時)
オプション	
ケーブル: 10,20 m ケーブルのセンサーエンドには M12-A メスコネクタ付属しています。もう一端は無処理となっています。	オプション型番 = トータルのケーブル長
ケーブル: 10,20 m ケーブルの両端に M12-A メスコネクタとオスコネクタが付属しています。	オプション型番 = 10m:C06E-10 20m:C06E-20
ボールレベリング	10° までのアングル調整によって水平面(または非水平面)への設置が可能です。 設置用のシムと M5x20 ネジと M5 ナットが 2 つずつ付属します。 レベル調整のための 4mm 六角ネジ、設置用の 4mm 六角レンチと 8mm レンチが必要です。 オプション型番 = BL
ポールマウントとボールレベリング	Ø 25 ~ Ø 40 mm のパイプに設置可能です。10° までのアングル調整が可能です。設置用のシムと M5x30 ネジと M5x40 ネジが 2 つずつ付属します。レベル調整用と設置用の 4mm 六角レンチが必要です。
0~1V 出力への変更	注文時に指定可能です。
4~20mA 出力への変更	注文時に指定可能です。

3.2 寸法

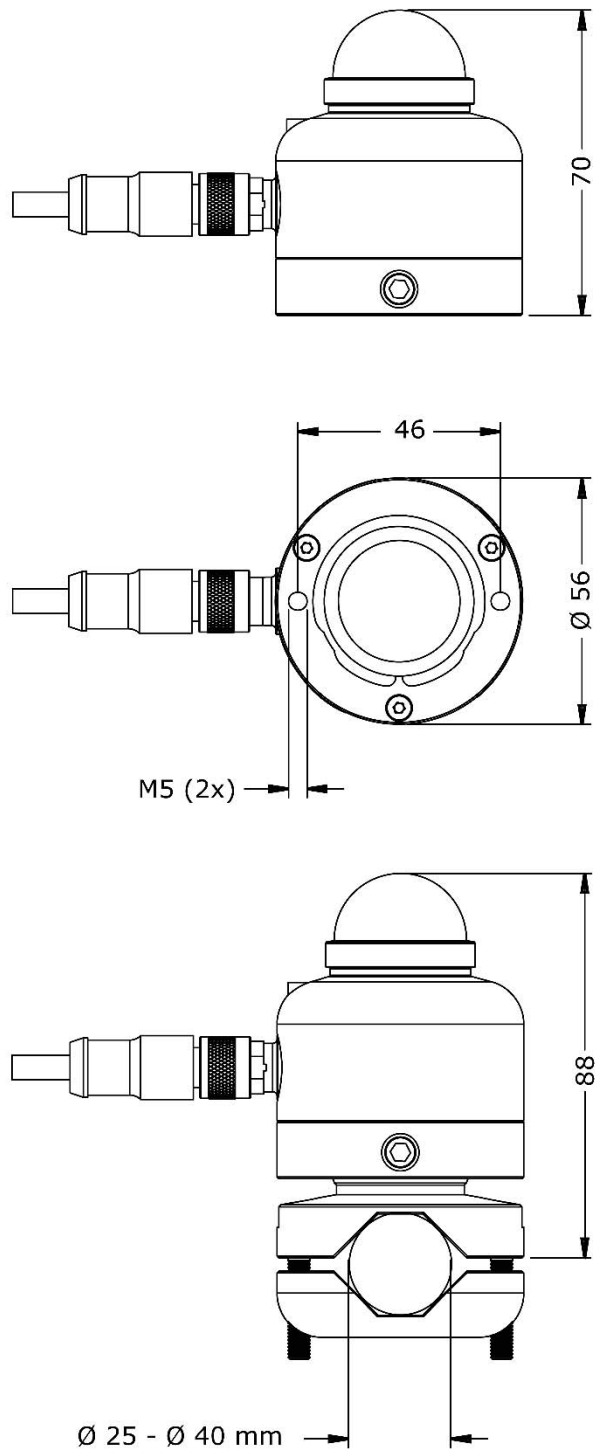


Figure 3.2.1 SR05 の寸法。下図はボールレベリングを含めた高さとポールマウントで使うことのできる直径を示しています。

4 使用方法

日射計は ISO9060 と WMO-No.8 にしたがってクラス分けされています。どのような計測であっても ISO,IEC,WMO,ASTM に従う必要があります。

4.1 クラス分類

Table 4.1.1 日射計クラス分類基準。

クラス分類基準については日射計クラス分けとスペックについて記載してある付録を参照してください。

機器クラス分類基準		
ISO 標準	ASTM 標準	WMO
ISO 9060:1990 Solar energy -- specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation	Not available なし	WMO-No. 8; Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, chapter 7, measurement of radiation, 7.3 measurement of global and diffuse solar radiation

4.2 日射計測のための機器の使用

Table 4.2.1 日射計測における機器の推奨使用基準

全天日射計測のための機器使用の基準		
ISO 標準	ASTM 標準	WMO
ISO/TR 9901:1990 Solar energy -- Field pyranometers -- Recommended practice for use	ASTM G183 - 05 Standard Practice for Field Use of Pyranometers, Pyrheliometers and UV Radiometers	WMO-No. 8; Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, chapter 7, measurement of radiation, 7.3 measurement of global and diffuse solar radiation

4.3 日照時間計測のための機器の使用

WMO によると日照時間は直達日射が 120W を超える時間と定義されています。WMO は日射計を用いて日照時間を算出する方法について承認しています(WMO Guide to Instruments and Observation, 2008 8 章)。このことは日照時間の算出は適切なソフトウェアも用いれば可能であることを示しています。

Table 4.3.1 日照時間計測のための機器使用の推奨基準

日照時間計測のための機器使用の推奨基準
WMO
WMO-No. 8; Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, chapter 8, measurement of sunshine duration, 8.2.2 Pyranometric Method

4.4 PV システムのパフォーマンス試験のための機器の使用

SR05 は野外における PV システムのパフォーマンス試験にも使うことができます。Hukseflux の“first class pyranometer for solar energy test applications”も参照のこと。

Table 4.4.1 PV システムのパフォーマンス試験のための機器の使用

PV システムのパフォーマンス試験のための機器の使用	
IEC / ISO STANDARD	EQUIVALENT ASTM STANDARD
IEC 61724; Photovoltaic system performance monitoring – guidelines for measurement, data exchange and analysis	ASTM 2848-11; Standard Test Method for Reporting Photovoltaic Non-Concentrator System Performance
COMMENT: Allows pyranometers or reference cells according to IEC 60904-2 and -6. Pyranometer reading required accuracy better than 5% of reading (Par 4.1)	COMMENT: confirms that a pyranometer is the preferred instrument for outdoor PV testing. Specifically recommends a “first class” pyranometer (paragraph A 1.2.1.)
COMMENT: equals JISC 8906 (Japanese Industrial Standards Committee)	

4.5 気象学研究での機器の使用

世界気象機関(WMO)は国連の専門機関です。WMO 気球の大気と機構について権威ある発言を行います。WMO は「WMO-No. 8; Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation」を出版していて、そこには日射計の「level of performance」が含まれます。現在、WMO は ISO のクラス分類を採用しています。

5 SR05 の導入

5.1 設置場所の選定と導入

Table 5.1.1 日射計設置のための推奨

設置場所	影のできる環境は望ましくありません。水平面に障害物ができるだけない様にします。理想的には太陽と機器の間に遮蔽物がない状態であるべきです。
固定/熱の遮蔽	SR05 を(非)水平面で設置する場合、ポールレベリングマウントが望ましいです。日射計は熱に対して敏感です。機器を黒色塗装された金属板など非常に暑くなる場所に設置しないでください。
2本のビスによる設置	2本の M5 ビスを 46mm 間隔で南北軸でセンサ底面と固定します。ポールレベリングオプション: 2本の M5 ビスを 46mm 間隔でポールレベリングマウントを通して固定します。ボルトとナットは含まれています。 ポールレベリングポールマウントオプション: 2本の M5 ビスを 46mm 間隔でポールレベリング、ポールマウントを通して固定します。ボルトとナットは含まれています。
計測面について	日射計は日射をセンサ表面で計測します。このことは傾けたり逆に設置したりする必要もあるかもしれませんが。黒いセンサ表面は計測対象の面と平行にする必要があります。
レベリング	水準器を用いて水平に設置する場合、水準器は見えるようにして常に確認してください。
機器の向き	水平に設置する場合は、ケーブルの出口が北向き(南半球では南向き)に来るように機器を向けてください。 傾けて設定する場合は、ケーブルの出口が斜面下側に来るように機器を向けてください。
設置高さ	上下逆向きに設置する場合、WMO は地上高 1.5m に設置することを推奨しています。影の影響を減らし、十分な空間平均値を得るためです。

5.2 SR05 の設置と水準調整

SR05本体は気泡管と2つの取り付け穴を備えています。設置と水準調整を容易にするために、オプションのボールレベリングの使用を推奨します。ボールレベリングは

- レベル調整
 - ケーブル配線
 - 機器交換
 - 据え付け
- を容易にします。

SR05 を据え付ける際にボールレベリングを使用すると SR05 を 360° の範囲で回転させ、10° の範囲で傾けることが可能です。このことは水平ではない面について、10° の調整ができることを意味します。4mm の 6 角ネジでボールレベリング装置は固定できます。SR05 の据え付けに単管やロッド (φ25~40mm) を使用する際には、オプションのポールマウントの使用を推奨します。



Figure 5.2.1 右から左:3m ケーブル付き SR05、ボールレベリング付き、ポールマウント付き

5.3 SR05 の設置

ボールレベリングとポールマウントオプションのない SR05 は 2 つのネジ(付属していません)で設置することができます。ユーザーが設置する架台の厚さに対して 5-7mm 長いネジが必要です。

5.4 ボールレベリングとポールマウント付き SR05 の設置

2 つの M5x20 ネジと M5 ナットがボールレベリングオプションに含まれています。これらは SR05 を水平面以外に向けて設置する際に使用します。

2 つの M5 x30 ネジと M5 x40 ネジがポールマウントレベリングに付属します。これらのネジはボールレベリングとチューブマウンを挟み込むために使用します。33mm より大きなチューブ径には M5x40 ネジを使用してください。

ユニークなボールヘッド機構は SR05 の水準を取るために使用されます。そのためには後述のステップにしたがって調整してください。ガラスドームは常に保護するように注意してください。

SR05 にボールレベリングを取り付ける際は図 5.4.1 の左上に示しているよシムを取り付けてください。シムは円滑なレベリングを可能にします。ボールレベリングシムの取り付け方法については第 5.5 章をご覧ください。シムはボール・レベリングに付属します。



Figure 5.4.1 左下は SR05 のボールレベリング、左上はシム、右は SR05 にボールレベリングを装着した例です。皿ネジを緩めてから向きを調整します。4mm の 6 角レンチが必要です。

- 1) 皿ネジを緩めてから向きを調整します。4mm の 6 角レンチが必要です。
- 2) 両手に SR05 とボールレベリングを持ちます。
- 3) SR05 とボールレベリングをカチッと音がするまで慎重に取り付けます。
- 4) 水平方向に 360 °、垂直方向に 10 ° 傾けることができます。角を調整します。このとき、必要に応じて本体の水準器を使います。
- 5) 4mm のイモネジを締めて SR05 を固定します。



1)水準とケーブルの向きを調整します。 2) SR05 を回すためにイモネジを緩めます。



3) イモネジを締めます 4) SR05 の設置完了

Figure 5.4.2 水準調整の手順

5.5 ボールレベリングシムの取り付けと取り外し

SR05 とオプションのボールレベリングを別に注文する場合やボールレベリングを交換する際にはユーザは SR05 の下部プレートからシムを外す必要があります。アルミ製のシムは SR05 とボールレベリングを安全にフィットさせ、ボールヘッドがスムーズに動くようになっています。

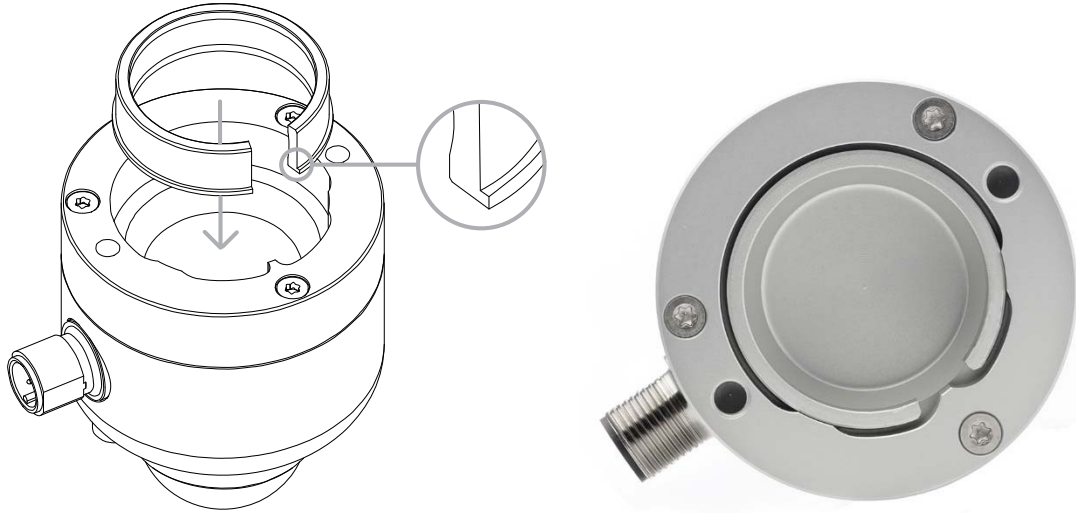


Figure 9.4.1 線画はアルミ製シムの取り付けを示しています。写真はシムの正しい位置を示しています。切り欠きの場所に注意すること。

シムは SR05 の下部プレートに下記のステップで取り付けてください。

- 1) もし SR05 の側面の皿ネジに黒いプラスチックカバーが付いている場合、外してください。マイナスの精密ドライバーが必要です。それから 4mm の 6 角レンチでネジが少しだけ出るように時計回りに回します。
- 2) 片手で SR05、もう一方の手でシムを持ちます。
- 3) シムの向きを SR05 の下部プレートに合うようにします。ボディの突起部分に注意して向きを合わせます。(Figure9.4.1 を参照)
- 4) シムを SR05 下部プレートにフィットするようにつまんで経を小さくします。
- 5) つまみながら SR05 の下部プレートへシムを入れます。

※ シムを入れることができたなら、次の手順へ進みます。

- 6) ボールレベリングを調整します。
- 7) ボールヘッドをリングの付いたセンサへ押し込みます。
- 8) ボールヘッドは 360 回展することができます。水平面へは 10 度まで可動します。
- 9) SR05 が取り付けられ水準が調整されたあとで、4mm の 6 角レンチを使ってネジを時計回しにしっかりと締めます。ネジの頭は飛び出さずに取り付けられます。

ボールヘッドが SR05 に挿入されていない場合、SR05 を動かすとシムはガタガタと音がします。これは異常ではなく、2 つのパーツが機械的に当たるためです。

シムは小さなマイナスドライバーを用いて SR05 下部プレートから取り外すことができます。ドライバを差し込みシムを取り外してください。シムを取り付けまたは取り外す際にはガラスドームを木津つけない内容に注意してください。

5.6 SR05 の配線: 配線表

本機器は外部電源(DC5-30V)の供給が必要です。SR05-DA1 からは W/m² 単位の日射をデジタルアウトプット(Modbus over RS-485)またはアナログ 0-1V アウトプットとして得られます。SR05-DA2 からは W/m² 単位の日射をデジタルアウトプット(Modbus over TTL)またはアナログ 4-20mA アウトプットとして得られます。

Table 5.6.1 SR05-DA1 配線表

ピン	配線色	SR05-DA1 Modbus(RS-485)	SR05-DA1 0 to 1 v 出力
1	Brown	VDC [+]	VDC[+]
4	Black	VDC [-]	VDC [-]
3	Blue	not connected	0 to 1 V output
2	White	RS-485 B / B' [+]	not connected
5	Grey	RS-485 A / A' [-]	not connected
	Yellow	Shield	shield

Note 1: コネクタの終端でシールドはコネクタのハウジングに接続されています。

Note 2: SR05-DA1 のデジタル出力とアナログ出力を同時に使うことはできません。

Table 5.6.2 SR05-DA2 配線表

ピン	配線色	SR05-DA2 Modbus(TTL)	SR05-DA2 4 to 20 mA 出力
1	Brown	VDC [+]	VDC [+]
4	Black	common / not connected*	not connected
3	Blue	VDC [-]	4 to 20 mA output
2	White	TTL [Tx]	not connected
5	Grey	TTL [Rx]	not connected
	Yellow	shield	shield

*標準的な仕様では、外部電源を使って黒線は読み取りデバイスのコモンへ接続してください。もし、SR05-DA2 が読み取りデバイスから給電される場合、黒線は接続しないでください。

Note 1: コネクタの終端でシールドはコネクタのハウジングに接続されています。

Note 2: SR05-DA2 のデジタル出力とアナログ出力を同時に使うことはできません。

※注意※

SR05-A はシリアル番号によって配線方法が異なりますのでご注意ください。

Table 5.6.3 SR05-A (シリアル No. 3323 ~) 配線表

ピン	配線色	SR05-A
1	Brown	not connected
4	Black	not connected
3	Blue	not connected
2	White	signal[+]
5	Grey	signal[-]
	Yellow	shield

Table 5.6.4 SR05-A (シリアル No. ~3202) 配線表

ピン	配線色	SR05-A
1	Brown	not connected
4	Black	signal[-]
3	Blue	signal[+]
2	White	not connected
5	Grey	not connected
	Yellow	shield

5.7 グラウンドとシールドの利用

グラウンド(接地)とシールドの利用はユーザーの責任です。シールドはコネクタを通してアルミ筐体へ接続されています。多くの環境において、機器は接地されている架台にネジ止めされています。これらのケースではケーブル末端のシールドは接続される必要がありません。

例えば実験室のように接地が筐体を通してできていない場合はシールドはケーブル末端から接地させる必要があります。これは低電圧の供給もしくは一般的なネットワークで共通の事項です。例外として、例えば機器とロガーが両方共小さなマストに取り付けられている場合などローカルグラウンドとネットワークグラウンドが同じとなります。このようなケースでは接地は機器とケーブル末端の両方で行われるべきです。

5.8 SR05-DA1 0 to 1 V 出力

SR05-DA1 はデジタルアウトプットの代わりに 0-1V 出力のオプションがあります。0-1V アウトプットを用いる際にはこの章をはじめに読んでください。デジタルアウトプットを利用する場合は次の章を参照してください。

SR05-DA1 の 0-1V アウトプットを利用することは簡単です。この機器は一般的に使われているデータロギングシステムに直接接続することができます。日射(E)は SR01-DA1 出力(U)を係数 r にかけることで計算できます。係数は SR05-DA1 に付属するキャリブレーションシートに記載されています。0 W/m² の日射は 0V に相当します。変換係数は 1V の出力のとき 1600 W/m² となるようになっています。変換係数は工場にて要望に応じて調整可能です。

SR05-DA1 の変換式

$$E = r \cdot U$$

(Formula 5.7.1)

標準設定では $E = 1600 \cdot U$ です。5.5 章と下記の配線図を確認してください。

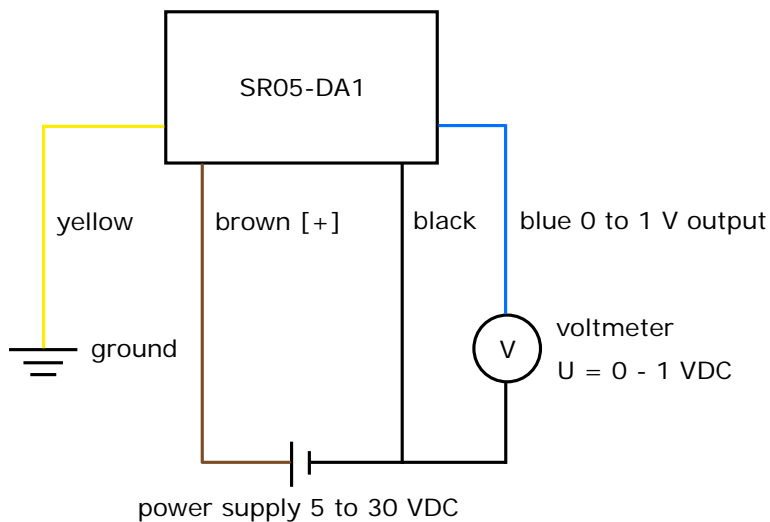


Figure 5.8.1 一般的な電圧計と接続した SR01-DA1 の回路図。SR05-DA1 は DC5-30V の供給電圧で動作します。

5.9 SR05-DA2 4-20 mA 出力

SR05-DA2 はデジタルアウトプットの代わりに 4-20mA 出力のオプションがあります。4-20mA V アウトプットを用いる際にはこの章をはじめに読んでください。デジタルアウトプットを利用する場合は次の章を参照してください。

SR05-DA2 の 4-20mA アウトプットを利用することは簡単です。この機器は一般的に使われているデータロギングシステムに直接接続することができます。日射(E)は SR01-DA1 出力(電流 I)から 4mA を引いて係数 r にかけることで計算できます。係数は SR05-DA2 に付属するキャリブレーションシートに記載されています。0 W/m² の日射は 4mA に相当します。変換係数は 20mA の出力のとき 1600 W/m² となるようになっています。変換係数は工場にて要望に応じて調整可能です。

SR05-DA2 の変換式

$$E = r(I - 4 \times 10^{-3}) / (16 \times 10^{-3}) \quad (\text{Formula 5.8.1})$$

標準設定では $E = 1600(I - 4 \times 10^{-3}) / (16 \times 10^{-3})$ です。

Table 5.9.1 データ収集と増幅装置への要求仕様

Capability to 下記計測ができること	SR05-DA2 は 4-20mA 出力をします。この信号を取り扱うにはいくつかの方法があります。信号線は信号の出力だけでなく、4-20mA のループ回路のための電源としても使われることに注意してください。SR05-DA2 は DC5-30V の供給で動作します。いくつかのデータロガーは電流計測が可能です。通常、100Ω の精密抵抗が電流-電圧変換のために使われます (DC0.4-2V レンジに変換されます)。この抵抗は青の配線に直列に接続してください。電気的な接続については次のページと 5.5 章を参照してください。
-----------------------------	--

SR05-DA2 の 4-20mA 出力を利用する場合、電流計と電圧計の接続については 5.5 章と下図を参照してください。

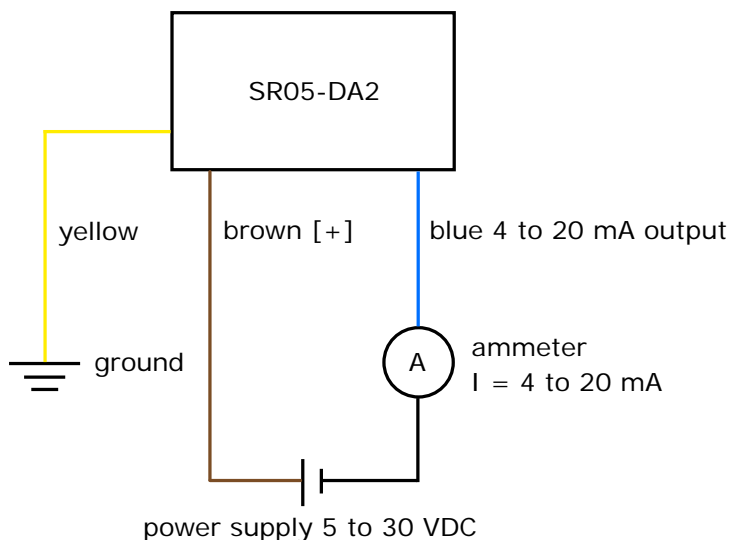


Figure 5.9.1 SR05-DA2 と一般的な電流計(電圧計)または電流計測可能なデータロガーを接続する場合。SR05-DA2 は DV5-30V の電源によって動作します。

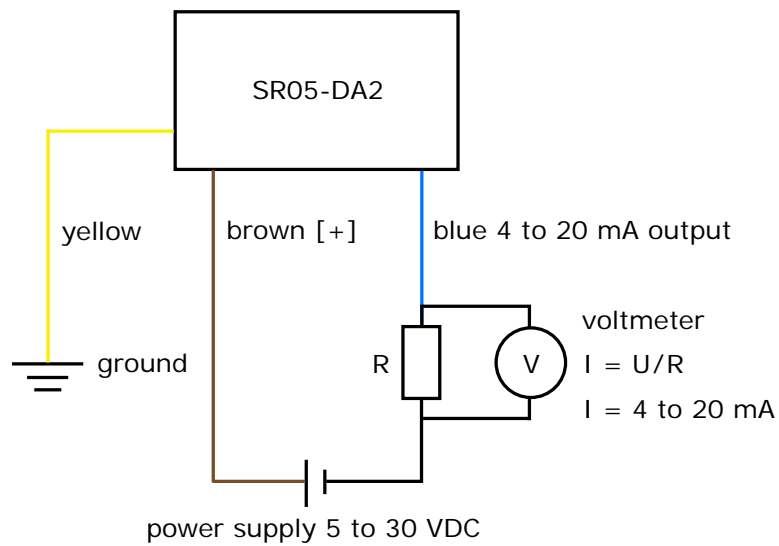


Figure 5.9.2 SR05-DA2 を一般的な電圧計または電圧計測可能なデータロガーと接続するための回路図。通常、100 オームのシャント抵抗(R)が電流-電圧変換のために使われます。SR05-DA2 は DC5-30V の電源供給で動作します。

5.10 SR05-DA1、SR05-DA2 デジタル出力

SR05 のデジタル出力を使う場合、SR05-DA1 は RS-485 ネットワークに接続可能です。一方、SR05-DA2 は TTL デバイスと接続ができます、両方のモデルはセンサマネージャソフトウェアを用いて PC と通信ができます。

5.11 SR05-DA1 の RS-485 接続

SR05-DA1 は 2 線(半二重)RS-485 ネットワークに対応しています。このようなネットワークでは SR05-DA1 はスレーブとして動作し、マスターからのデータ要求を受けます。2 線 RS-485 のトポロジーの例は下図に示しています。SR05-DA1 は DV5-30V の電源供給を受けます。電源供給は下図には示していません。下図の VDC[-]の電源グラウンドはネットワークのコモンラインに接続してください。

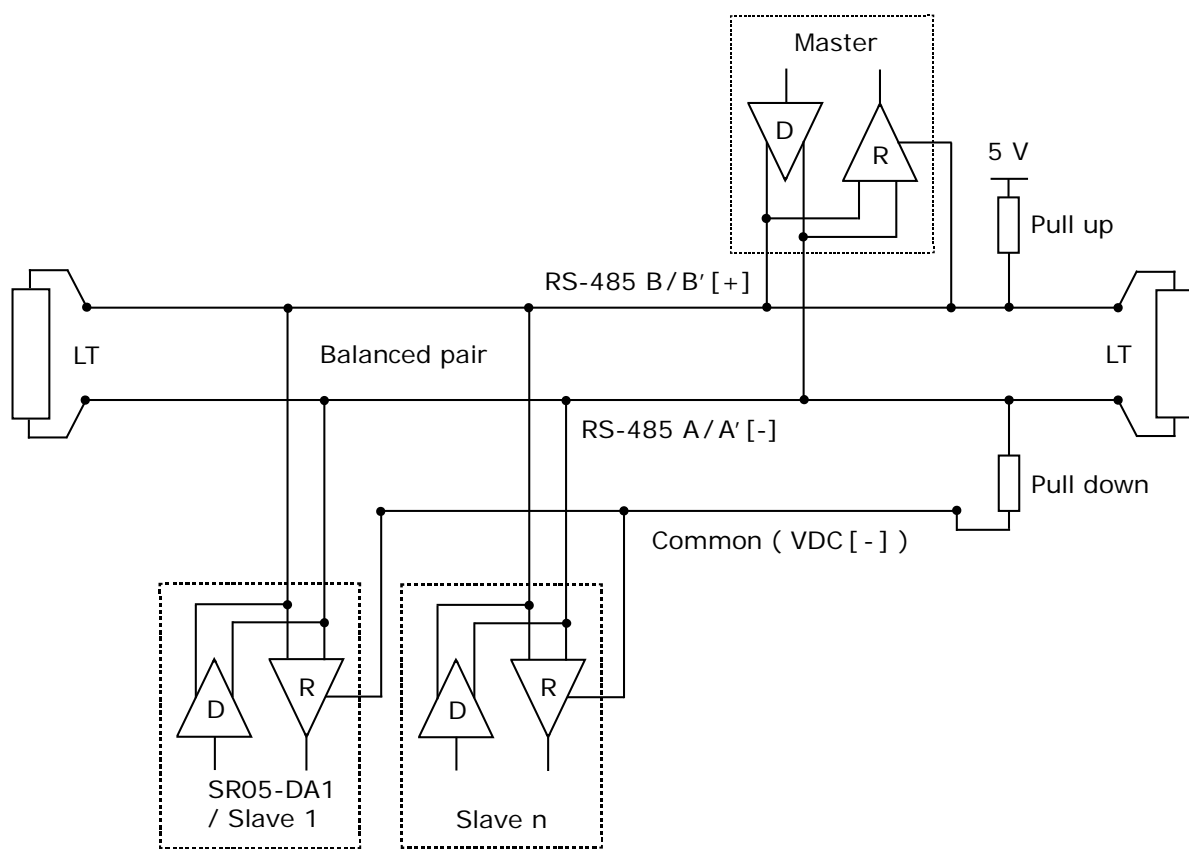


Figure 5.11.1 2 線式 RS-485 ネットワークの例。図中に電源は示されていません。

ネットワークの信号反射を除外するためにネットワークの最後のノードでは終端抵抗(LT)が必要です。EIA/TIA-485 標準によると TL は一般的に 120-150Ωとされています。2 つ以上の終端抵抗を接続はしないでください。ネットワークのノイズを最小化するために、プルアップ、プルダウン抵抗が必要です。これらの一般的な抵抗値は 650-850Ωです。

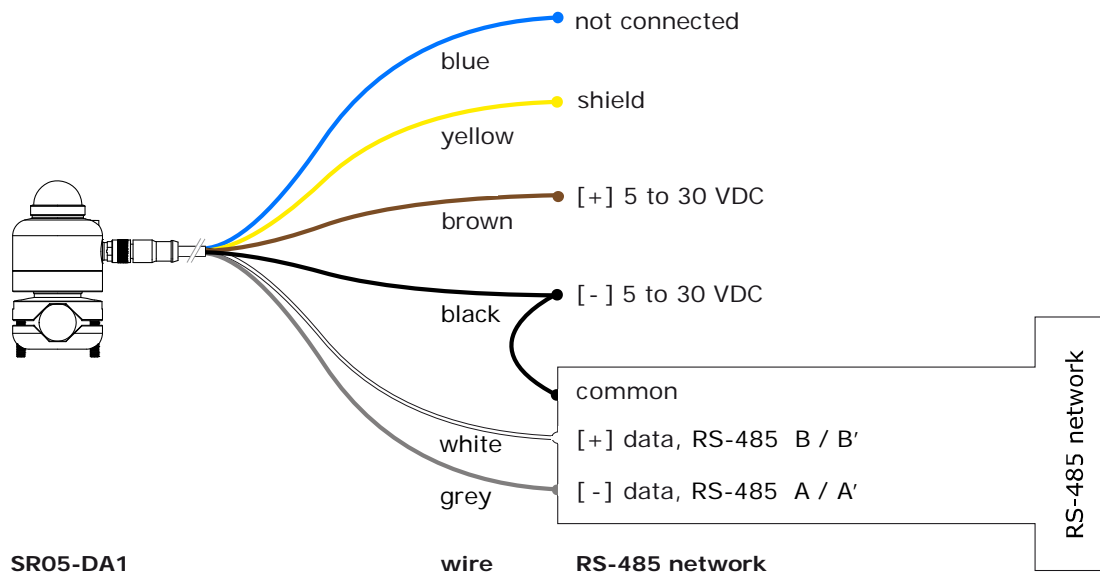


Figure 5.11.2 SR05-DA1 を RS-485 ネットワークに接続する例。SR05-DA1 は外部 5-30VDC 電源から給電されます。

5.12 SR05-DA2 と TTL デバイスの接続

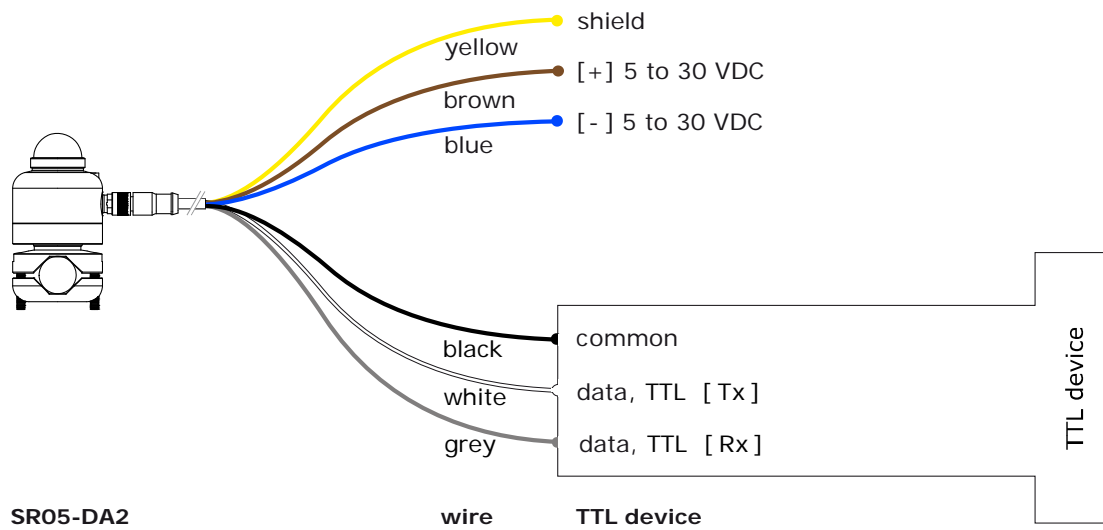


Figure 5.12.1 SR05-DA2 を TTL デバイスに接続する例。SR05-DA2 は外部 5-30VDC 電源から給電されます。

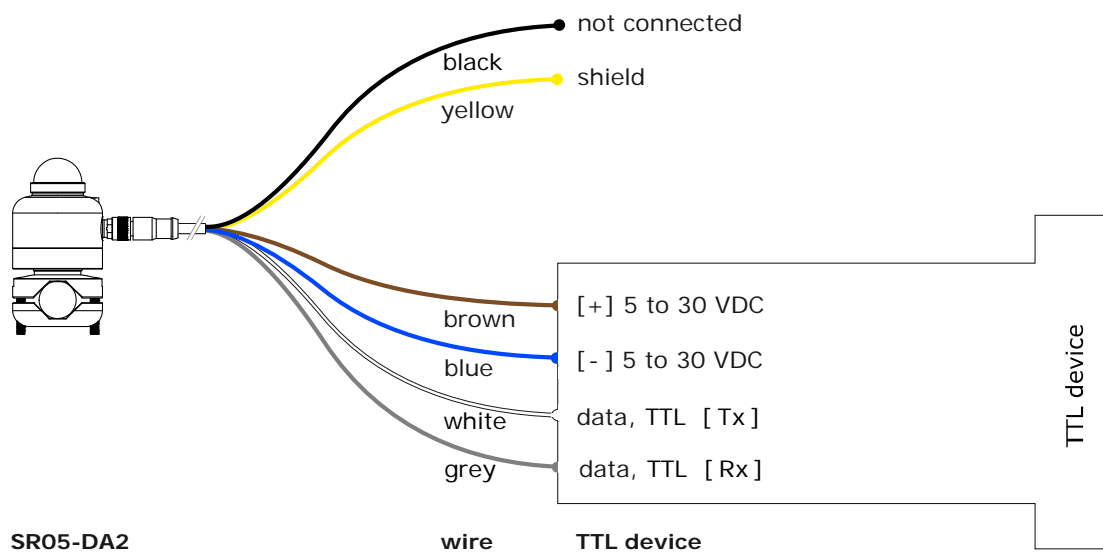


Figure 5.12.2 SR05-DA2 を TTL デバイスに接続する例。SR05-DA2 は TTL デバイスから給電されます。

5.13 PC との接続

SR05-DA1 と SR05-DA2 は両方共 PC で接続可能です。このケースでは通信はセンサマネージャソフトウェア(次章)で接続可能です。

5.13.1 SR05-DA1 と PC の接続

PC のポートに応じて RS485～USB コンバーターまたは RS485～RS232 コンバーターを使用します。下図は SR05-DA1 と PC の接続方法を示しています。シグナルの入出力間での静電気の発生やデータラインへの大きな電圧変化を防ぐために、コンバーターはシグナルの入出力間でガルバニック絶縁されている必要があります。SR05-DA1 に電源(5～30VDC)が必要です。RS-485～USB コンバーターには通常の場合 USB インターフェースから電源が供給されるため、電源を供給する必要はありません。RS-485～RS-232 コンバーターを使用する場合は電源が必要であり、SR05-DA1 に使用する電源を共有することができます。

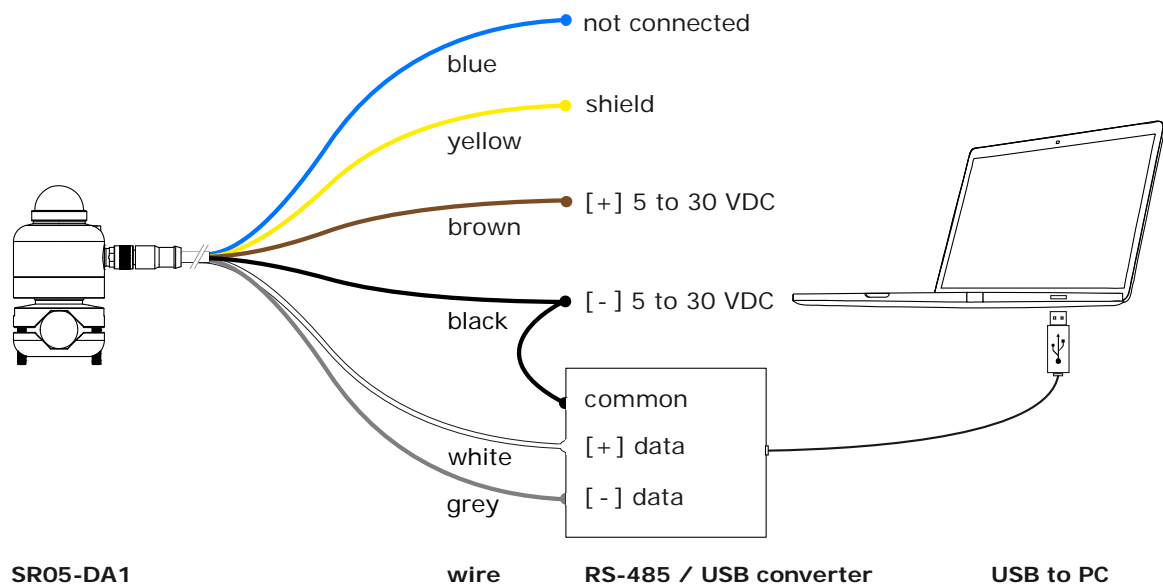


Figure 5.13.1.1 SR05-DA1 を RS-485-USB 変換器を通して PC と接続する例。

5.13.2 SR05-DA2 と PC の接続

PC の利用可能なポートによりますが、TTL to USB コンバーターもしくは TTL to RS-232 コンバーターが使用可能です。下図はどのようにして接続するかを示しています。コンバータの入出力はデータラインへのサージの影響をさけるために絶縁されるべきです。外部電源(5-30VDC)も必要となります。TTL to USB コンバータは通常 USB インターフェイスを通じて給電されます。このケースではコンバータに対して外部電源は必要ありません。もし、TTL to RS-232 コンバータを使用する場合はこのコンバータは外部電源を必要とします。この電源は SR05-DA2 と共通でも構いません。

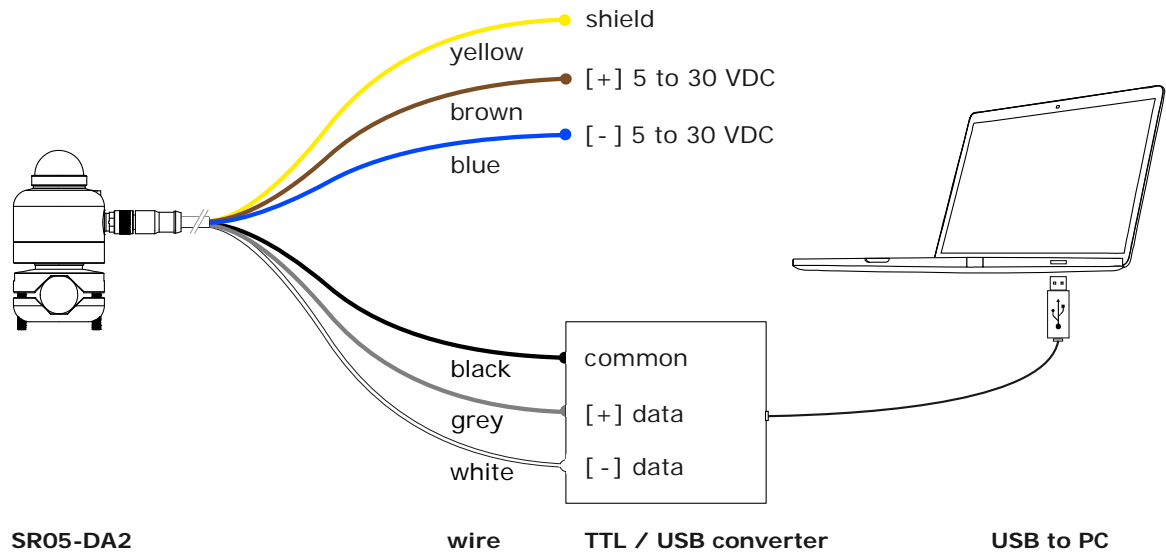


Figure 5.13.2.1 SR05-DA2 を TTL,USB コンバータを通して PC と接続する例

6 通信

6.1 PC 通信: センサマネジメントソフトウェア

PCを介してSR05との通信を行うことが可能です。通信を行う場合はPCにHukseflux Sensor Manager softwareかModbus testing toolがインストールされている必要があります。Sensor Managerはwww.hukseflux.com/page/downloadsからダウンロードできます。testing toolsはwww.modbus.orgからダウンロードできます(無料版と有料版があります)。本章ではSensor Managerの機能のみを紹介します。Hukseflux Sensor Manager softwareはPCとSR05間の通信のためのユーザーインターフェースを提供します。ユーザーはSensor Managerを使用して一つまたは複数のSR05の設定や室内でのテストを行うことができます。Sensor ManagerはSR05の初期の機能テストやModbusアドレスの変更、通信設定に適しています。長期測定などの目的には使用しないでください。ソフトウェアの更新はwww.hukseflux.com/page/downloadsから確認できます。

6.1.1 センサマネージャーのインストール

センサマネージャーの実行には最新バージョンの Java Runtime Environment ソフトウェア(www.java.com から入手可能)が必要です。

- 1) Hukseflux センサマネージャーを www.hukseflux.com/page/downloadsからダウンロードします。
- 2) ダウンロードファイルを回答して“Hukseflux Sensor Manager”フォルダを PC にコピーします。正しいインストールのためには管理者権限が必要です。
- 3) “Hukseflux Sensor Manager”フォルダ内の“Hukseflux_Sensor_Manager.jar”をダブルクリックすることでソフトウェアが起動します。

6.1.2 トラブルシューティング

Java Runtime Environment がインストールされていない場合、“Hukseflux_Sensor_Manager.jar が開けません”というウィンドウズのメッセージが出ます。その場合、Java Runtime Environment をもう一度インストールしてください。

6.1.3 センサマネージャ:メインウィンドウ

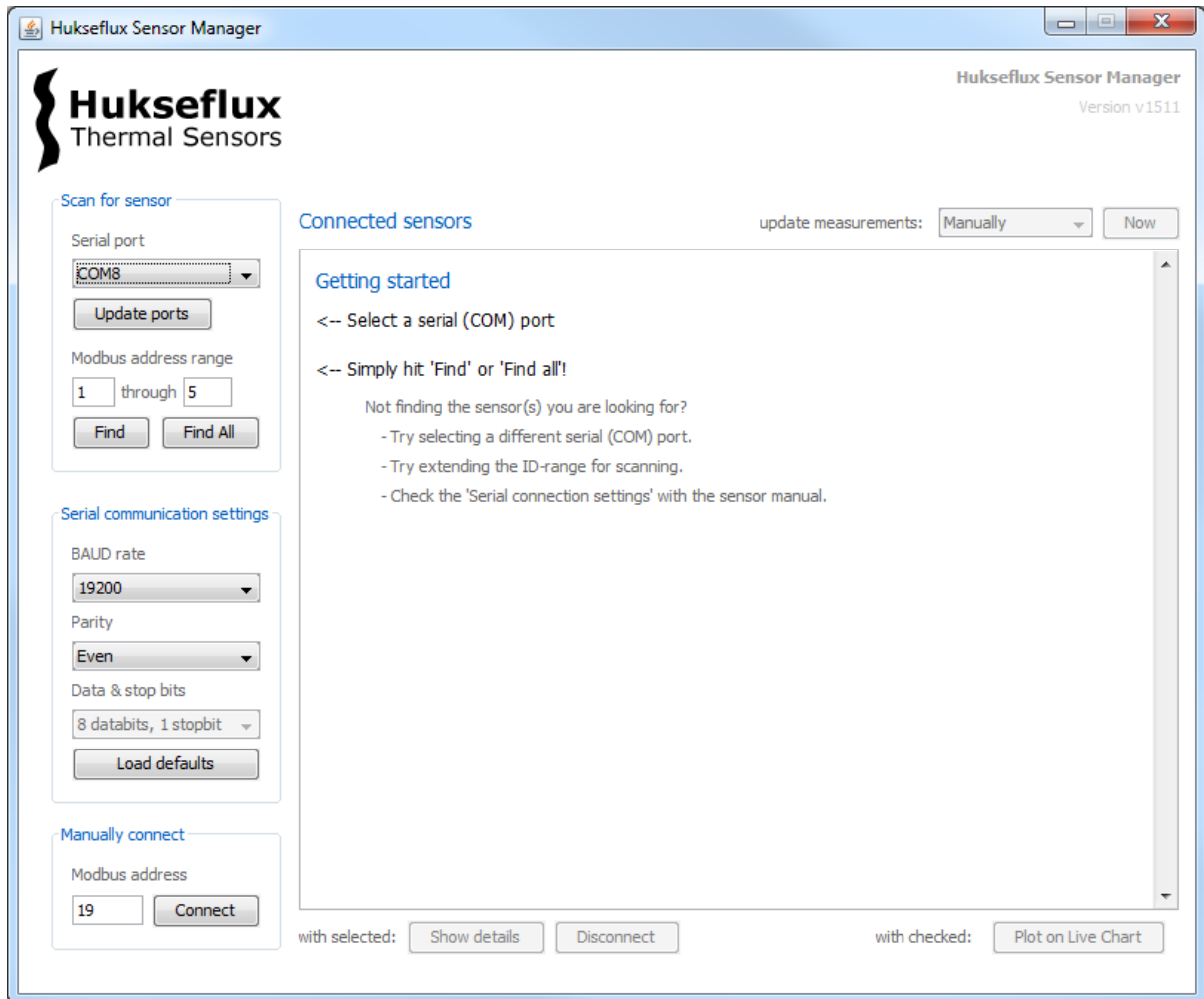


Figure 6.1.3.1 センサマネージャのメイン画面

センサマネージャが起動して SR05 と PC が接続されるとユーザーは機器と通信ができます。機器のアドレスと設定が既知の場合、シリアル通信設定と Modbus アドレスを直接入力できます。[Connect]をクリックすることで接続が確立します。

もし機器のアドレスと通信設定がわからない場合、機器は[Find]または[Find All]機能によって探すことができます。センサマネージャは決められた Modbus アドレスの範囲をスキャンします。一つのセンサのみを接続している場合、[Find]を使うことを推奨します。なぜなら、センサーが見つかった時点で一度ストップするからです。[Find All]はすべての Modbus アドレスをスキャンするまで続けますので時間がかかることがあります。

[Find]、[Find All]で機器が見つからなかった場合、ダイアログボックスが開き、アドレス範囲とすべての可能な通信設定で続けるかどうかを尋ねます。この操作にかかる時間はスキャンするアドレスの範囲に依存します。247 アドレスのスキャンには 15 分以上かかります。機器が見つかった場合、ダイアログボックスはシリアルナンバー、Modbus アドレス、通信設定を表示します。

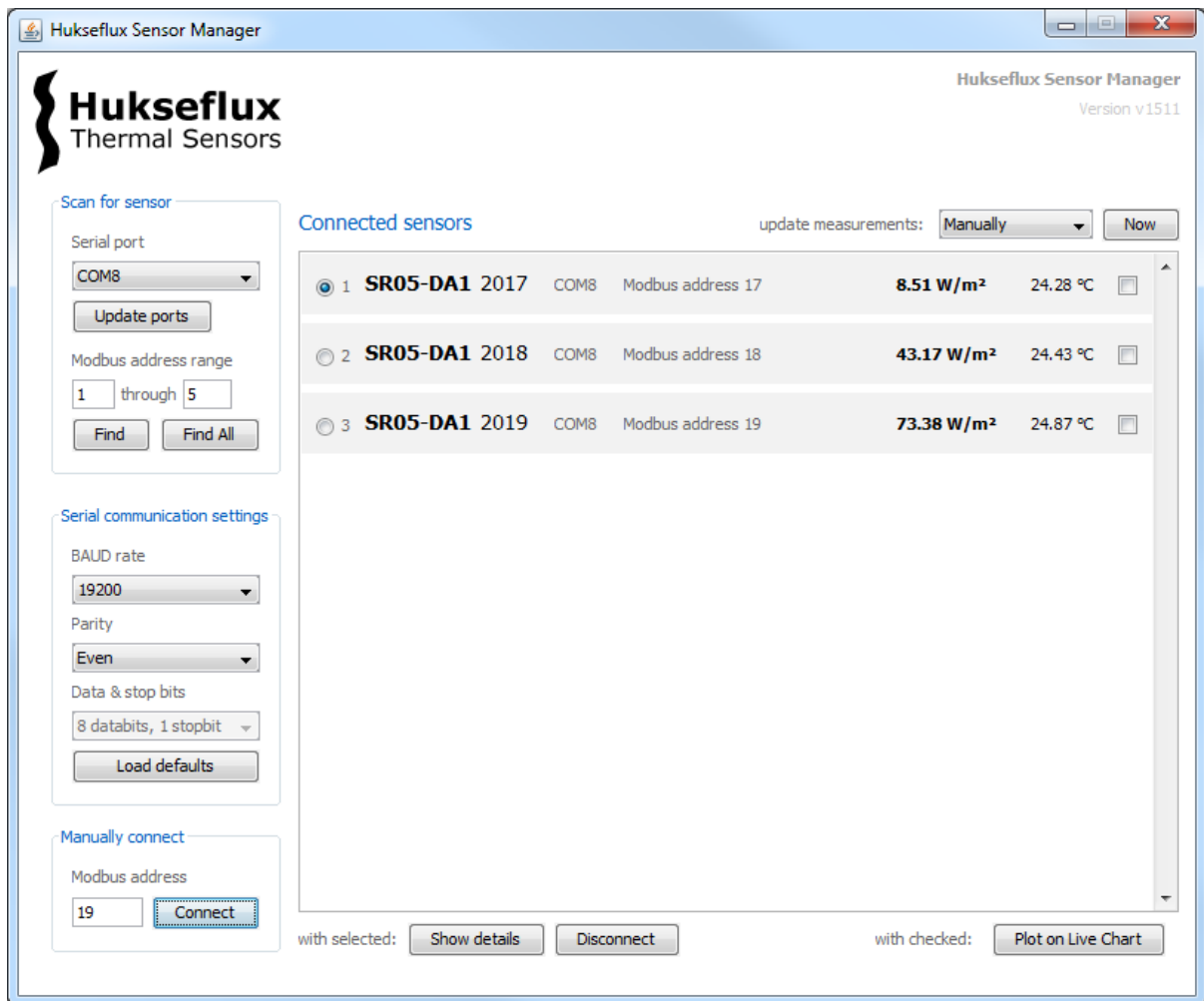


Figure 6.1.3.2 3 台の SR05 を接続したセンサマネージャのメインウインドウ

機器が見つかった場合、温度と日射量が表示されます。値は手動または自動でアップデート可能です。自動アップデートは毎秒、5 秒毎、1 分毎から選択できます。

6.1.4 センサマネージャ: データのプロット

[Plot on Live Chart]ボタンをクリックすると、[Plot window]が開きます。選択した機器の瞬時値グラフが表示されます。X 軸は時間でスケールは全計測期間に応じて自動で変わります。[Show Teil Only]チェックボックスをチェックすると最後の部分のデータのみが表示されます。[update interval]が 1 秒のとき、[Show tail only]機能は 10 分間のデータ収集の後に利用可能です。Y 軸は計測された日射(W/m²)を表示します。Y 軸は自動でスケールリングされます。

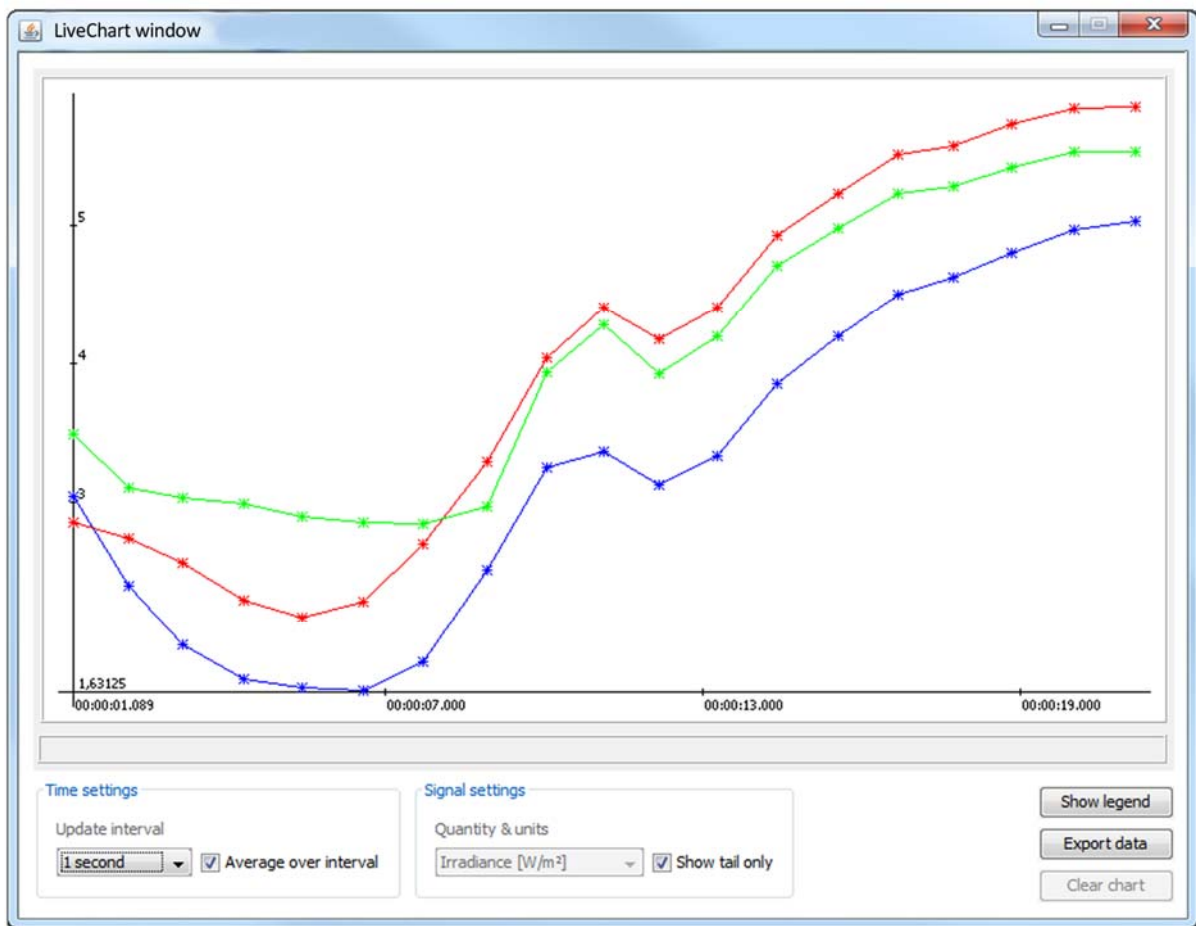


Figure 6.1.4.1 センサマネージャの SR05 日射プロット例

6.1.5 センサマネージャ: 機器に関する情報

[Show details]ボタンを押下すると、[Sensor details]画面が表示されます。この画面はキャリブレーションの結果と履歴、温度係数とその他のプロパティが確認できます。センサのシリアルナンバーとすべてのキャリブレーション情報は機器のラベルとキャリブレーションシートと一致しています。

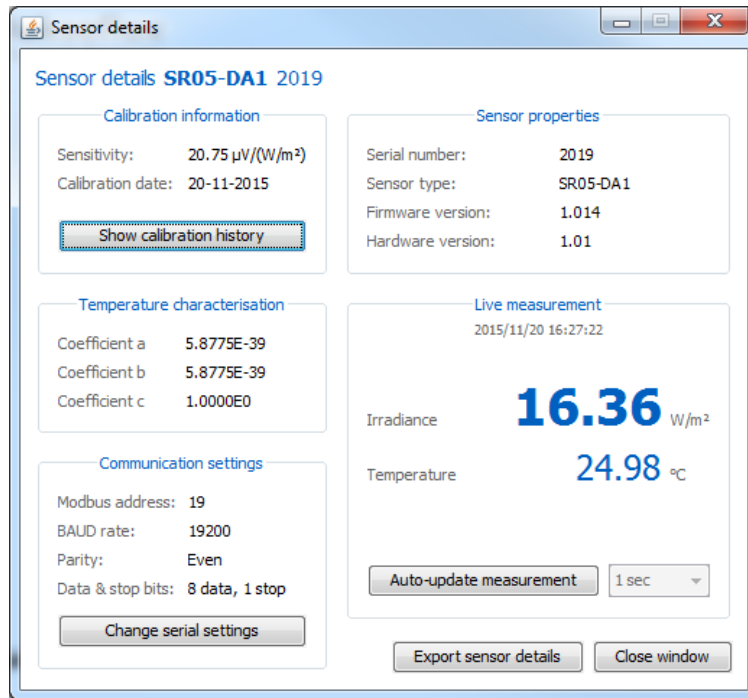


Figure 6.1.5.1 Sensor details 画面

6.1.6 センサマネージャ: Modbus アドレスの変更と通信設定

[Sensor details]画面において[Change settings]ボタンを押下すると下図の画面が開きます。

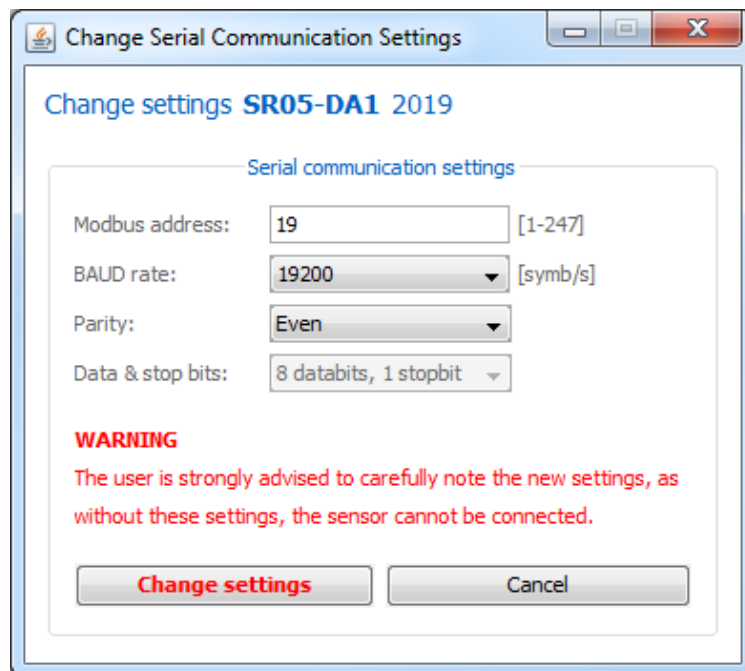


Figure 6.1.6.1 センサマネージャのシリアル通信設定画面

新しい通信設定や Modbus アドレスが入力された際には[Change settings]ボタンで確定することができます。この危機は自動的に再起動します。[Change settings]機能がアクティブでない場合は、オリジナルの設定が残ります。もし、Modbus アドレスが変更された場合、センサマネージャは機器の再起動後に自動的に機器と再接続されます。

6.1.7 センサマネージャ: 感度の調整(PowerUser 向け)

センサマネージャは「一般ユーザ」が機器の出力に直接影響を与える変更を行うことは許可していません。しかし、再キャリブレーション時など、感度の変更がなされると最新の結果がキャリブレーション履歴に保存されます。このことは[Power User]になるためのパスワードを得られた場合に可能となります。[PowerUser]へのパスワードを取得するためには販売元へお問い合わせください。

例: キャリブレーション試験の最中、SR50 が 990 W/m² の出力を示したが、準器では 970 W/m² であるべきであった。つまり、SR05 出力は 2.06%高い値であった。オリジナルの感度は 16.15 x 10⁻⁶ V/(W/m²) であったが、41+42 レジスタを用いて 16.48 に変更すべきだった。古いキャリブレーション結果は履歴ファイルに保存される。この場合、63 から 81 レジスタに古い結果は移動される。

6.2 ネットワーク通信: ファンクションコード、レジスタ、コイル

注意: 同一の Modbus アドレスを 2 つ以上の機器に設定するとネットワーク全体の動作が不安定になります。この章は SR05 で用いられているファンクションコード、データ構造、レジスタについて述べています。通信の仕様は Modbus Organization によって規定されています。この仕様は“Modbus application protocol v1.1b” and “Modbus over serial line v1.02”を参照してください。文書は www.modbus.org から無料で入手できます。

Table 6.2.1 Modbus コード一覧

サポートされている MODBUS ファンクションコード	
ファンクションコード (HEX)	詳細
0x01	コイル読み出し
0x02	入力読み出し
0x03	保持レジスタ読み出し
0x04	入力レジスタ読み出し
0x05	コイル 書き込み
0x06	保持レジスタ1ワード書き込み
0x0F	コイル連続書き込み
0x10	保持レジスタ 連続書き込み

Table 6.2.2 Modbus データモデル

MODBUS データモデル		
種別	オブジェクトタイプ	タイプ
入力	Single bit	R
コイル	Single bit	R/W
入力レジスタ	16 bit word	R
保持レジスタ	16 bit word	R/W

R = 読み込み専用, W = 書き込み専用, R/W = 読み込み / 書き込み

本機器は入力とコイルを区別しません。入力レジスタと保持レジスタも同様に区別しません。

Table 6.2.3 データフォーマット

データフォーマット	説明
U16	Unsigned 16 bit integer
S16	Signed 16 bit integer
U32	Unsigned 32 bit integer
S32	Signed 32 bit integer
Float	IEEE 754 32 bit floating point format
String	A string of ASCII characters

データフォーマットは符号付きと符号なし整数を含みます。符号付き整数は負の値を含みますが、表現できる整数の範囲は半分になります。5つの16ビットレジスタは一つの要求に対する応答です。6つ以上のレジスタが要求された場合、複数の要求が必要です。

データフォーマットが符号付きまたは符号なし32ビット整数である場合、最初のレジスタは最上位ビット(MSW)と二番目のビット(LSW)となります。2つの16ビットレジスタは32ビット整数として保存されます。

符号なし32ビット整数は下記の式によって計算されます。

$$(MSW \times 216) + LSW = U32.$$

このような計算例は“ネットワーク通信: example master request to SR05”にも記載しています。



マスタ機器によってはデータリクエストはそれぞれの SR05 レジスタ番号に対して+1 する必要がある場合があります。例: SR05 レジスタ番号 7 + マスターオフセット = 7 + 1 = マスターレジスタ番号 8.

Table 6.2.4 0-11 レジスタ。通常の利用においては 2+3 を日射量、6 をボディ温度、40 をセンサのシリアル取得に使用します。

ModBus レジスタ 0-11				
レジスタ番号	パラメータ	内容	タイプ	データ・フォーマット
0	Modbus address	Modbus network 上のセンサアドレス デフォルト = 1	R/W	U16
1	Serial communication settings	シリアル通信設定 デフォルト = 5	R/W	U16
2 + 3	Irradiance	放射強度 $\times 0.01 \text{ W/m}^2$	R	S32
4 + 5	Factory use only			
6	Sensor body temperature	本体温度 $\times 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$	R	S16
7	Sensor electrical resistance	電気抵抗値 $\times 0.1 \text{ } \Omega$	R	U16
8	Scaling factor irradiance	デフォルト = 100	R	U16
9	Scaling factor temperature	デフォルト = 100	R	U16
10 + 11	Sensor voltage output	電圧出力 $\times 10^{-9} \text{ V}$	R	S32
12 to 31	Factory use only			

Table 6.2.5 レジスタ 1 の設定オプション

設定				
設定番号	ボーレート	データビット	ストップビット	パリティ
1	9600	8	1	none
2	9600	8	1	even
3	9600	8	1	odd
4	19200	8	1	none
5 (= default)	19200	8	1	even
6	19200	8	1	odd
10	38400	8	1	none
11	38400	8	1	even
12	38400	8	1	odd
16	115200	8	1	none
17	115200	8	1	even
18	115200	8	1	odd

Table 6.2.6 Modbus32-62 レジスタ

ModBus レジスタ 32-62				
レジスタ番号	パラメータ	内容	タイプ	データ・フォーマット
32 to 35	Sensor model	センサ詳細情報	R	String
36 to 39	Sensor model	センサ詳細情報	R	String
40	Sensor serial number		R	U16
41 + 42	Sensor sensitivity	感度定数 $\times 10^{-6} \text{ V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	R	Float
43	Response time	反応時間 $\times 0.1 \text{ s}$	R	U16
44	Sensor resistance	抵抗値 $\times 0.1 \Omega$	R	U16
45	Reserved	常に 0	R	U16
46 + 47	Sensor calibration date	キャリブレーション日 YYYYMMDD	R	U32
48 to 60	Factory use			
61	Firmware version		R	U16
62	Hardware version		R	U16

Table 6.2.7 Modbus63-82 レジスタ

ModBus レジスタ 63-82				
レジスタ番号	パラメータ	内容	タイプ	データ・フォーマット
63 + 64	Sensor sensitivity history 1	感度設定履歴1 $\times 10^{-6}$ V/(W/m ²) デフォルトは 0	R	Float
65 + 66	Calibration date history 1	キャリブレーション日 YYYYMMDD デフォルト 0	R	U32
67 + 68	Sensor sensitivity history 2	63 + 64 と同様	R	Float
69 + 70	Calibration date history 2	65 + 66 と同様	R	U32
71 + 72	Sensor sensitivity history 3	63 + 64 と同様	R	Float
73 + 74	Calibration date history 3	65 + 66 と同様	R	U32
75 + 76	Sensor sensitivity history 4	63 + 64 と同様	R	Float
77 + 78	Calibration date history 4	65 + 66 と同様	R	U32
79 + 80	Sensor sensitivity history 5	63 + 64 と同様	R	Float
81 + 82	Calibration date history 5	65 + 66 と同様	R	U32



マスタ機器によってはデータリクエストはそれぞれの SR05 レジスタ番号に対して+1 する必要があるかもしれません。例: SR05 レジスタ番号 7 + マスターオフセット = 7 + 1 = マスターレジスタ番号 8.

Table 6.2.8 コイル

コイル				
コイル	パラメータ	内容	タイプ	データ・フォーマット
0	Restart	センサの再起動	W	Single bit
1	Reserved			
2	Check	センサの電気抵抗計測	W	Single bit

6.3 ネットワーク通信の方法

データ回収用の Modbus アドレスと通信設定を一度行くと、SR05-DA1 を RS-485 ネットワークと電源に直接接続させることができます。SR05-DA1 と Modbus ネットワークの接続方法は chapter 5.10 “R5-DA1 の RS-485 接続”をご参照下さい。このとき、センサーに電源 (5~30VDC) を供給する必要があります。センサーは地面に固定に置いたマウントプレートにネジ止めし、シールドをグラウンドに接続しないで下さい。

SR05-DA1 をネットワークにインストールする上で新しい Modbus デバイスとしての通信設定を行う必要があります。設定は管理者が行えます。SR05-DA1 がネットワーク上で標準センサーとして認識されていない場合は、SR05-DA1 の I ライブラリーファイルが入手できるかネットワーク装置の供給元に問い合わせして下さい。

標準設定ではレジスター2 + 3 の全天日射のデータとレジスター6 のセンサーの温度、レジスターのセンサーのシリアル番号を 1 秒おきにスキャンして 60 秒平均を保存することを管理者に要求します。レジスター2 + 3 のデータフォーマットは 32 ビットの整数型で出力され、レジスター6 の温度は 16 ビットの整数型で出力されます。

一度のリクエストで 16bit のレジスターを 5 つまでリクエストできます。6 つ或いはそれ以上のレジスターを一度にリクエストすると、SR05-DA1 は応答しません。6 つ或いはそれ以上のレジスターをリクエストする場合は multiple requests を使用して下さい。

6.3.1 Modbus アドレスの設定と通信設定

機器のアドレスとボーレートの設定は下記のいくつかの方法があります。

- センサと PC をセンサマネージャを使って接続する
- センサと PC をその他の Modbus ツールを使って接続する。www.modbus.org に有用なリンクがあります。
- ネットワークユーザーインターフェイスソフトを利用する。

Modbus アドレスはレジスタ 0 に保存され、デフォルト値は 1 です。ユーザはこのアドレスを 1-247 の範囲で変更することができます。アドレスの値はネットワークで唯一とする必要があります。通信設定はレジスタ 1 に保存されます。デフォルト設定は 5 番となっていて、19200baud, even parity bit, 8 data bits and 1 stop bit です。新しいアドレスもしくは通信設定が書き込まれた後、センサは再起動しなければいけません。これはコイル 0 に対して 0XFF00 を書くことで行えます。

6.4 ネットワーク通信: マスターリクエストの例

通常のオペレーションではレジスタ 2+3(日射と温度)に対する要求です。品質管理のため、レジスタ 40 も有効です。

この例では SR05 はアドレス 64 とします。レジスタ 2+3,6,40 への要求の例です。値は 16 進で示しています。

Note: 32 ビットデータは 2 つのレジスタで表現されます。MSW と LSW は一度の要求で取得されます。

レジスタ 2 + 3 の要求

Master Request:

[40] [03] [00][00] [00][04] [4B][18]

[40] = Modbus slave address, decimal equivalent = 64

[03] = Modbus function; 03 Read holding registers

[00][00] = Starting register, the master requests data starting from register 0.

[00][04] = Length, the number of registers the master wants to read. 4 registers

[4B][18] = CRC, the checksum of the transmitted data

Sensor response:

[40] [03] [08] [00][40] [00][05] [00][01] [7C][4F] [79][DA]

[40] = Modbus slave address, decimal equivalent = 64

[03] = Modbus function

[08] = Number of bytes returned by the sensor. 8 bytes transmitted by the sensor

[00][40] = Register 0; Modbus address

[00][05] = Register 1; Serial settings, 19200 baud, 8 data bits, even parity bit, 1 stop bit

[00][01] = Register 2; Temperature compensated signal, Most Significant Word (MSW). Decimal equivalent = 1

[7C][4F] = Register 3; Temperature compensated signal, Least Significant Word (LSW) = Decimal equivalent = 31823

[79][DA] = CRC, the checksum of the transmitted data

レジスタ 2+3 は日射量です。温度補正は行われていません。MSW が 2 番レジスタで LSW が 3 番レジスタです。次式によって計算されます。 $((MSW \times 2^{16}) + LSW) / 100$ 。この例では: $((2^{16} \times 1) + 31823) / 100 = 973.59 \text{ W/m}^2$

レジスタ 6 の要求:

Master Request:

[40][03][00][06][00][01][6B][1A]

[40] = Modbus Slave address

[03] = Modbus function

[00][06] = Start register

[00][01] = Number of registers

[6B][1A] = CRC

Sensor response:

[40][03][02][08][B1][43][FF]

[40] = Modbus Slave address

[03] = Modbus function

[02] = Number of bytes
[08][B1] = Content of register 7, decimal equivalent = 2225
[43][FF] = CRC

Temperature = Register 7 x 0.01 = 2225 x 0.01 = 22.25 ° C

レジスタ 6 はボディ温度です、出力値を 100 で割ると真値が得られます。この例では: 2225 x 0.01 = 22.25 ° C

40 レジスタの要求:

Master Request:

[40][03][00][28][00][01][0B][13]

[40] = Modbus slave address
[03] = Modbus function
[00][28] = Start register
[00][01] = Number of registers
[0B][13] = CRC

Sensor response:

[40][03][02][0A][29][43][35]

[40] = Modbus Slave address
[03] = Modbus function
[02] = Number of bytes
[0A][29] = Content of register 40, decimal equivalent = 2601
[43][35] = CRC

レジスタ 40 はセンサのシリアルナンバーを返します。この例では 2601 です。

7 メンテナンスとトラブルシューティング

7.1 メンテナンスと品質保証

SR05 はほとんどの環境で最小限のメンテナンスで信頼できる計測が可能です。計測の信頼性がない場合は通常、ありえないような大きな(小さな)値が観測されます。計測値に異常値が含まれていないか確認することによって信頼性の高い計測値を得ることができます。異常値が含まれていた場合、他の計測結果も再度確認することが推奨されます。

Table 7.1.1 SR05 のメンテナンス データ分析と清掃をこまめに行うことが推奨されます。

日射計のメンテナンス			
	実施の間隔	作業	作業内容
1	1 週	データ分析	計測値を推定される最大放射照度と照らし合わせたり周辺地域の別の放射照度計の値と比較することが推奨されます。放射照度の過去の季節変動パターンは放射照度の推定に役立ちます。 夜間の計測値が マイナスの値 (zero offset a に近い値) となっていることを確認してください。晴れた風のない夜間は放射照度が -5 W/m^2 まで下がります。光発電システム (PV システム) を使用している場合は PV システムの日中の計測値と比較してください。 これらの方法によって正常な計測値や推定される値から外れた値のパターンやイベントを見つけてください。
2	2 週	清掃	軟らかい布を使用してドームを清掃してください。 落ちにくい汚れは石鹼水やアルコールで落としてください。
3	6 ヶ月	検査	以下の項目を検査して下さい。 ケーブルの導通、ケーブルの被膜、コネクタ、マウント位置、機器とケーブルに汚れがない事、機器のレベルとチルト調整範囲が仕様通りである事、マウントの接続、ドーム内に結露がない事。
4	2 年	乾燥剤の交換	乾燥剤は最低でも 2 年間で交換してください。お客様自身で乾燥剤を交換する場合は自己責任で静電気が防止された環境で行ってください。SR05 の下部のプレートに 3 つの T10 ネジを外すことで取り外します (Torx 10 ドライバーを使用してください)。乾燥剤の袋はテープでプレートに留められています。プレートを取り付けの際は乾燥剤に注意してください。
5	2 年	再キャリブレーション	本機器と同等の機器との比較による再キャリブレーションを行ってください。 屋外で行う場合は ISO 9847 に準拠し、屋内で行う場合は ISO9846 に準拠してください。
6	2 年	ライフタイムアセスメント	さらに 2 年使用するか交換するか判断します。
7	6 年	parts replacement 部品交換	ケーブルやコネクタが風雨や日光にさらされていない場合は交換する必要はありません (ただし Hukseflux の純正品を使用している場合に限り)。)
8	6 年	internal inspection 機器内部の点検	機器のプレートを開けて Oリングの交換が必要か、回路基板周りは乾燥しているか検査してください。
9	6 年	再校正	本機器の高精度の再校正のため、屋内での校正は ISO9847 に準拠し、屋外での校正は ISO9846 に準拠してください。

7.2 トラブルシューティング

Table 7.2.1 トラブルシューティング

概要	以下の項目を検査してください。 <ul style="list-style-type: none"> ・機器に傷がついていないこと。 ・コネクタがしっかりと取り付けられていること。 ・コネクタ(ケースやケーブルも含む)の状態。 ・センサーが 5~30VDC を受けていること。 ・シールドが接続されている事(ネットワーク側も接続してください)。 ・センサーへの電源供給の接続を確認してください。通常、マイナス側はネットワークの Common に接続します。
屋内テストの準備	センサマネージャを PC にインストールしてください。RS-485 通信または TTL 通信を備えた PC で SR05-DA1 または SR05-DA2 に接続します。DC 電源をセンサーに接続してセンサーとの通信を行ってください。電源を入れると一時的に 0 やオフセットとは異なる値が出力されます。オフセットの値に落ち着くまで待ってください。
センサーから信号が出力されない場合	センサーが光源に反応するか検査: 暗所にセンサーを設置し、光源(100W)を用意します。光源を使用して 0.1m の距離からセンサーを照らしてください。センサーの出力が > 100 W/m ² であれば正常です。次に光源の電源を切ってください。センサーの出力が 1 分以内に 0 W/m ² に近づくと正常です。同じアドレスを持つ予備センサーと交換して計測値の比較を行ってください。
センサーとの通信ができない場合	全ての通信ケーブルの接続を確認してから再度センサーとの通信を行ってください。通信できない場合は、アドレスと通信設定が正しいか確認してください。ケーブルのピンと末端の抵抗値を計測することによりケーブルの状態を確認してください。抵抗値が 10 Ωより大きい場合はケーブルを交換してください。 センサーの接続設定を確認するために、センサーを PC に接続してセンサマネージャから“Find”と“Find all”を実行してください。ケーブルの接続を正しく行った状態でもセンサーとの通信が行えない場合は、工場に連絡していただき製造元にセンサーをお送りください。
SR05 が 6 以上のレジスタのリクエストに応答しない。	SR05 は 1 度のリクエストで 6 つ以上の 16 bit のレジスタに応答することはできません。6 つ以上のレジスタをリクエストする場合は連続リクエストを使用してください。
センサーの出力値が異常に大きい(または小さい)	夜間の出力値はマイナスの値(晴れた静穏な夜間は-5 W/m ² まで値が下がります。)となります。異常値がみられる場合は、以下の項目を確認してください。 <ul style="list-style-type: none"> ・ドームに汚れや曇りが無いこと。 ・機器の測定を妨害するような障害物が無いこと。 ・機器が水平に取り付けられていること。 ・ケーブルに破損が無いこと。 ・コネクタ(ケースやケーブル)に破損が無いこと。
計測値が予測できない変動を示す場合	以下の項目を確認してください。 <ul style="list-style-type: none"> ・レーダーやラジオなどの電磁放射の発信源が無いこと。 ・シールドの接続が正常であること。 ・センサーケーブルに不具合が無いこと。 ・計測中にケーブルが動いていないこと。 ・コネクタ(ケースやケーブル)に破損が無いこと。
ドーム内に結露がみられる場合	診断を行いますので、販売元にセンサーをお送りください。

7.3 屋外におけるキャリブレーションとチェック

一般的に屋外で全天日射計の再キャリブレーションを行う場合は別の全天日射計の計測値との比較を実施します。再キャリブレーションは ISO 9847 “International Standard- Solar Energy- calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer”に準拠してください。Hukseflux では屋内でのキャリブレーションも ISO 9847 に準拠しています。

推奨される再キャリブレーションの方法:

再キャリブレーションは屋内で実施してください。同一の機器 (SR05) を使用して機器に対して光を垂直に入射させ、計測値を比較してください。

全天日射計の再キャリブレーションは 2 年ごとに実施することが推奨されます。ユーザーは SR05 の感度と過去のキャリブレーションの結果を含むレジスターを参照することができます。ユーザーは地域のキャリブレーションサービスを選択することができます。Hukseflux に ISO や ASTM に準拠した屋外でのキャリブレーションの手順についてお問い合わせください。センサーマネージャーを通してレジスターへの記入を許可している工場に対して「パワーユーザー」の地位とパスワードを要請してください。

屋外での比較を実施する場合: ISO は上位の全天日射計を使用した屋外でのキャリブレーションを推奨しています。しかし、Hukseflux は類似した機種相互比較には同じモデルとクラスのセンサーを使用することを推奨します。ISO は数日間の野外におけるキャリブレーションを推奨しています (晴天時に 2~3 日程度、曇天時に 10 日程度)。通常の場合、そのような長期間のキャリブレーションは困難です。Hukseflux は光が垂直に入射する正午に得られる 1 時間ごとの積算値を使用してより短期間でキャリブレーションを行うことを提案します。

Hukseflux が推奨する屋外における計測値の比較:

- 1) 光が垂直入射する正午に実施してください。
- 2) 比較する全天日射計は同じブランドとタイプの全天日射計または上位の機種と比較を使用してください。
- 3) 両方とも同じ電子機器に接続するために、電子機器のエラー (その上オフセットも) を避けることができます。
- 4) すべてのセンサーを同じプラットフォームに取り付けるため、センサーは同じ温度になります。
- 5) 水平にマウントした器具のために太陽の正午ごろ 1 時間の合計を比較するためにこれが可能でないならば、垂直入射放射線 (放射計に垂直入射するように傾ける) で放射線を分析するために、センサーを個別にキャリブレーションすることを仮定して、垂直入射する光に対する計測値を比較してください。全天日射計を傾けても垂直入射する光が得られない場合は正午に比較を行ってください。
- 6) セカンドクラスの全天日射計では、 $\pm 10\%$ 以下の変動であれば係数を採用できます。
- 7) ファーストクラスの全天日射計では、 $\pm 5\%$ 以下の変動であれば係数を採用できます。
- 8) セカンダリースタンドアードの全天日射計では、 $\pm 3\%$ 以下の変動であれば係数を採用できます。

7.4 データの品質保証

品質保証は以下の項目から実施されます。

- 太陽放射照度の傾向の解析
- 実測値と数学的に算出した推定値をプロットする
- サイト間における計測値の比較
- 夜間の出力値の解析

最も重要なのは非現実的な出力値に注意することです。

データのふり分けを半自動式に実行するプログラムをご用意していますので、詳細を以下から確認してください。

www.dqms.com.

8 付録

8.1 ケーブルの延長と交換

SR05 のセンサケーブルは M12-A のストレートコネクタを備えています。ケーブル交換の際はコネクタ付きのケーブルを販売元より購入することを推奨します。ケーブルの延長にはコネクタペアのついた延長ケーブルを販売元から購入することを推奨します。自作ケーブルについてメーカおよび販売元はサポートしません。

SR05 は 1 本のケーブルが付属します。最大のセンサ長は RS-485 ネットワークの構成に依存します。デジチェーンもしくはポイントトゥポイントが用いられます。特にデジチェーンではセンサケーブルの長さは信号ノ反射をさけるために出来るだけ短いほうが良いとされます。

ポイントトゥポイント接続の場合、理論的には更に長いケーブル長が可能です、RS-485 は 1200m までのケーブル長が仕様として定められています。

コネクタとケーブルの仕様については次ページにてまとめています。



Figure 8.1.1 左: M12-A メスコネクタ付き SR05 ケーブル。ケーブルのもう一端は被覆がむかれていない。標準では 3m で、10,20m も利用可能。右はコネクタペア付き延長用ケーブル、10,20m が利用可能。

Table 8.1.1 SR05 のケーブル交換と延長

一般的な交換	新しいコネクタ付きケーブルを販売元に注文してください
一般的なケーブル延長	コネクタペア付きケーブルを販売元に注文してください
コネクタ	シャーシ側: M12-A ストレートオスコネクタ, 5 芯 メーカー: Binder ケーブル側: M12-A ストレートメスコネクタ 5 芯 メーカー: Binder シールドはコネクタと電氣的に接続されています
ケーブル	5 芯シールド付き メーカー: Binder
長さ	ケーブルはできるだけ短くするべきです、ポイントトゥポイントの場合は RS-485 の仕様である 1200m が最大です。
シース	野外で使用できること

8.2 工具

Table 8.2.1 工具仕様

内容	工具	同梱
ボールレベリングなし SR05 に必要な工具	M5 ネジ x2 上記適合ドライバー	いいえ いいえ
ボールレベリング付き SR05 に必要な工具	4mm6 角レンチ M5 ナット	はい いいえ
ポールマウント付き SR05 に必要な工具	4mm6 角レンチ	はい
ボールレベリング、ポールマウント付き SR05 に必要な工具	4mm6 角レンチ	はい
SR05 アルミ製シム取り外しに必要な工具	2 to 4 mm 幅のマイナスドライバー	いいえ

8.3 スペアパーツ

- メス M12-A コネクタ付き SR05 ケーブル (3, 10, 20 m) ケーブル長は別途指定
- コネクタペア(オスメス M12-A)付き SR05 延長ケーブル (10, 20 m) ケーブル長は別途指定
- ボールレベリング (order number BL01)
- ポールマウント(order number TM01)
- ポールマウント+ボールレベリング (order number TMBL01)
- シム
- 皿ネジ
- 2 x M5x40 ネジ
- 2 x M5x30 ネジ
- 2 x M5x20 ネジ 2 x M5 ナット付き
- 乾燥剤 (シリカゲル, 1.0 g, in a HDPE bag)

注意:ドームと水準器、センサはスペアパーツとして提供していません。

8.4 クラス分類とキャリブレーション標準

ISO と ASTM は両者とも機器の分類とキャリブレーションの方法について標準を持っています、世界気象期間(WMO)は ISO 分類体系を主として採用しています。

Table 8.4.1 ISO と ASTM の日射計標準

クラス分類とキャリブレーション標準	
ISO 標準	ASTM 標準
ISO 9060:1990 Solar energy -- Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation	対応なし Comment: 策定中
Comment: a standard "Solar energy --Methods for testing pyranometer and pyrhelimeter characteristics" has been announced in ISO 9060 but is not yet implemented.	対応なし
ISO 9846:1993 Solar energy -- Calibration of a pyranometer using a pyrhelimeter	ASTM G167 – 05 Standard Test Method for Calibration of a Pyranometer Using a Pyrhelimeter
ISO 9847:1992 Solar energy -- Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer	ASTM E 824 –10 Standard Test Method for Transfer of Calibration from Reference to Field Radiometers ASTM G207 – 11 Standard Test Method for Indoor Transfer of Calibration from Reference to Field Pyranometers
ISO 9059:1990 Solar energy -- Calibration of field pyrhelimeters by comparison to a reference pyrhelimeter	ASTM E 816 Standard Test Method for Calibration of Pyrhelimeters by Comparison to Reference Pyrhelimeters

8.5 キャリブレーション体系

世界放射基準(WRR)は SI 単位系の放射に関する計測基準です。WRR の利用は WMO と ISO の両方の基準に対応させるためには必須です。ISO9874 では paragraph 1.3: the methods of calibration specified are traceable to the WRR に記載があります。WMO のマニュアルでは paragraph 7.1.2.2: the WRR is accepted as representing the physical units of total irradiance に記載があります。

気象分野の放射計測の世界的な均質性はスイスダボスにある World Radiation Center(World Standard Group (WSG))によって維持されている)によって保証されています。

www.pmodwrc.ch 参照

Hukseflux 標準は屋外の WRR キャリブレーションからトレーサブルです。幾つかの小さな修正が天頂から $1000\text{W}/\text{m}^2$ の放射で行われています。屋外でのキャリブレーションは太陽は 20-40 度の天頂角で、トータル放射は $700\text{W}/\text{m}^2$ くらいが典型的な量です。

Table 8.5.1 キャリブレーション体系

WORKING STANDARD CALIBRATION AT PMOD / WRC DAVOS
Calibration of working standard pyranometers: Method: ISO 9846, type 1 outdoor. This working standard has an uncertainty “uncertainty of standard”. The working standard has been calibrated under certain “test conditions of the standard”. The working standard has traceability to WRR world radiometric reference.
CORRECTION OF (WORKING) STANDARD CALIBRATION TO STANDARDISED REFERENCE CONDITIONS
Correction from “test conditions of the standard” to “reference conditions” i.e. to normal incidence and 20°C : Using known (working) standard pyranometer properties: directional, non linearity, offsets, temperature dependence). This correction has an uncertainty; “uncertainty of correction”. At Hukseflux we also call the working standard pyranometer “standard”.
INDOOR PRODUCT CALIBRATION
Calibration of products, i.e. pyranometers: Method: according to ISO 9847, Type IIc, which is an indoor calibration. This calibration has an uncertainty associated with the method. (In some cases like the BSRN network the product calibration is with a different method; for example again type 1 outdoor)
CALIBRATION UNCERTAINTY CALCULATION
ISO 98-3 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, GUM Determination of combined expanded uncertainty of calibration of the product, including uncertainty of the working standard, uncertainty of correction, uncertainty of the method (transfer error). The coverage factor must be determined; at Hukseflux we work with a coverage factor $k = 2$.

8.6 気象学的な放射の定量化

日射計は放射を計測します。時間積分された放射は放射露光量と呼ばれます。太陽光エネルギーはしばしば Wh/m² の単位で扱われます。

Table 8.6.1WMO によって推奨されている気象学における放射量。POA は Plane of Array irradiance の略。用語は ASTM と IEC 標準に従っている。

記号	説明	計算式	単位	別の表記	
$E \downarrow$	下向き放射	$E \downarrow = E_g \downarrow + E_l \downarrow$	W/m ²		
$H \downarrow$	単位時間あたりの下向き放射量	$H \downarrow = H_g \downarrow + H_l \downarrow$	J/m ²		
$E \uparrow$	上向き放射	$E \uparrow = E_g \uparrow + E_l \uparrow$	W/m ²		
$H \uparrow$	単位時間あたりの上向き放射量	$H \uparrow = H_g \uparrow + H_l \uparrow$	J/m ²	Wh/m ²	Change of units
E	直達放射		W/m ²	DNI	Direct Normal Irradiance
E_0	太陽定数		W/m ²		
$E_g \downarrow_h$	全天日射(水平面)	$E_g \downarrow = E \cos \theta_i + E_d \downarrow$	W/m ²	GHI	Global Horizontal Irradiance
$E_g \downarrow_t$	全天日射(斜面)	$E_g \downarrow = E \cos \theta_t + E_d \downarrow_t + E_r \uparrow_t$ ***	W/m ²	POA	Plane of Array
$E_d \downarrow$	下向き放射減衰		W/m ²	DHI	Diffuse Horizontal Irradiance
$E_l \uparrow, E_l \downarrow$	上、下向き長波放射		W/m ²		
$E_r \uparrow$	反射放射		W/m ²		
E^*	放射収支	$E^* = E \downarrow - E \uparrow$	W/m ²		
$T \downarrow$	放射温度(地面)		°C or K		
$T \uparrow$	放射温度(上空)		°C or K		
SD	日照時間		h		

θ は天頂角、 θ_i は水平からの相対角、 θ_t は斜面からの相対角

g = global, l = long wave, t = tilted *, h = horizontal*

* distinction horizontal and tilted from Hukseflux,

** T symbols introduced by Hukseflux,

*** contributions of $E_d \downarrow_t$ and $E_r \uparrow_t$ are $E_d \downarrow$ and $E_r \uparrow$ both corrected for the tilt angle of the surface

8.7 ISO および WMO クラス分類表

Table 8.7.1 ISO 9060 と WMO の日射計分類テーブル

注意: WMO の波長特性の定義は ISO のそれとは異なります。Hukseflux は ISO の制約に従っています。WMO も精度に関する規定があります。

ISO クラス分類表			
ISO クラス	セカンダリースタンド ード	ファーストクラス	セカンドクラス
仕様上限			
応答時間 (95 %)	15 s	30 s	60 s
ゼロオフセット (response to 200 W/m ² net thermal radiation)	+ 7 W/m ²	+ 15 W/m ²	+ 30 W/m ²
ゼロオフセット b (response to 5 K/h in ambient temperature)	± 2 W/m ²	± 4 W/m ²	± 8 W/m ²
非安定性 (change per year)	± 0.8 %	± 1.5 %	± 3 %
非直線性 (100 to 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 to 1 500 × 10 ⁻⁹ m) (WMO 300 to 3 000 × 10 ⁻⁹ m)	± 3 %	± 5 %	± 10 %
温度応答特性 (interval of 50 K)	2 %	4 %	8 %
角度特性 (0 to 90 ° at 1000 W/m ²)	± 0.5 %	± 2 %	± 5 %
WMO 仕様			
WMO クラス	HIGH QUALITY	GOOD QUALITY	MODERATE QUALITY
WMO: 日積算の不確かさ	2 %	5 %	10 %
WMO: 時間積算の不確かさ	3 %	8 %	20 %
WMO: 分積算の不確かさ	not specified	not specified	not specified
WMO: 解像度	1 W/m ²	5 W/m ²	10 W/m ²
CONFORMITY TESTING			
ISO 9060	individual instrument only: all specs must comply	group compliance	group compliance

8.8 日射計の仕様に関する定義

Table 8.8.1 日射計仕様の定義

用語	定義	出展
応答時間 (95 %)	time for 95 % response. The time interval between the instant when a stimulus is subjected to a specified abrupt change and the instant when the response reaches and remains within specified limits around its final steady value. The response time is a measure of the thermal inertia inherent in the stabilization period for a final reading.	ISO 9060-1990 WMO 1.6.3
ゼロオフセット a: (200 W/m ² net thermal radiation)	response to 200 W/m ² net thermal radiation (ventilated). Hukseflux assumes that unventilated instruments have to specify the zero-offset in unventilated – worst case – conditions. Zero offsets are a measure of the stability of the zero-point. Zero offset a is visible at night as a negative offset, the instrument dome irradiates in the far infra red to the relatively cold sky. This causes the dome to cool down. The pyranometer sensor irradiates to the relatively cool dome, causing a negative offset. Zero offset a is also assumed to be present during daytime.	ISO 9060-1990
ゼロオフセット b: (5 K/h in ambient temperature)	response to 5 K/h change in ambient temperature. Zero offsets are a measure of the stability of the zero-point.	ISO 9060-1990
非安定性 (change per year)	percentage change in sensitivity per year. The dependence of sensitivity resulting from ageing effects which is a measure of the long-term stability.	ISO 9060-1990
非直線性 (100 to 1000 W/m ²)	percentage deviation from the sensitivity at 500 W/m ² due to the change in irradiance within the range of 100 W/m ² to 1000 W/m ² . Non-linearity has an overlap with directional response, and therefore should be handled with care in uncertainty evaluation.	ISO 9060-1990
方向応答特性	the range of errors caused by assuming that the normal incidence sensitivity is valid for all directions when measuring from any direction a beam radiation whose normal incidence irradiance is 1000 W/m ² . Directional response is a measure of the deviations from the ideal “cosine behaviour” and its azimuthal variation.	ISO 9060-1990
波長選択特性 (350 to 1500 x 10 ⁻⁹ m) (WMO 300 to 3000 x 10 ⁻⁹ m)	percentage deviation of the product of spectral absorptance and spectral transmittance from the corresponding mean within 350 x 10 ⁻⁹ m to 1500 x 10 ⁻⁹ m and the spectral distribution of irradiance. Spectral selectivity is a measure of the spectral selectivity of the sensitivity.	ISO 9060-1990
温度応答特性 (interval of 50 K)	percentage deviation of the sensitivity due to change in ambient temperature within an interval of 50 K the temperature of the pyranometer body.	ISO 9060-1990
傾斜応答特性 (0° to 90° at 1000 W/m ²)	percentage deviation from the sensitivity at 0° tilt (horizontal) due to change in tilt from 0° to 90° at 1000 W/m ² irradiance. Tilt response describes changes of the sensitivity due to changes of the tilt angle of the receiving surface.	ISO 9060-1990
反応性	the change in the response of a measuring instrument divided by the corresponding change in the stimulus.	WMO 1.6.3
波長範囲	the spectral range of radiation to which the instrument is sensitive. For a normal pyranometer this should be in the 0.3 to 3 x 10 ⁻⁶ m range. Some pyranometers with coloured glass domes have a limited spectral range.	Hukseflux

8.9 用語集

Table 8.9.1 用語の定義

用語	定義(参照先)
太陽放射	solar energy is the electromagnetic energy emitted by the sun. Solar energy is also called solar radiation and shortwave radiation. The solar radiation incident on the top of the terrestrial atmosphere is called extra-terrestrial solar radiation; 97 % of which is confined to the spectral range of 290 to $3\,000 \times 10^{-9}$ m. Part of the extra-terrestrial solar radiation penetrates the atmosphere and directly reaches the earth's surface, while part of it is scattered and / or absorbed by the gas molecules, aerosol particles, cloud droplets and cloud crystals in the atmosphere. The former is the direct component, the latter is the diffuse component of the solar radiation. (ref: WMO, Hukseflux)
全天放射	solar radiation received by a plane surface from a 180° field of view angle (solid angle of 2π sr).(ref: ISO 9060)
全天日射	the solar radiation received from a 180° field of view angle on a horizontal surface is referred to as global radiation. Also called GHI. This includes radiation received directly from the solid angle of the sun's disc, as well as diffuse sky radiation that has been scattered in traversing the atmosphere. (ref: WMO) Hemispherical solar radiation received by a horizontal plane surface. (ref: ISO 9060)
斜面日射	also POA: hemispherical solar irradiance in the plane of a PV array. (ref: ASTM E2848-11 / IEC 61724)
直達日射	radiation received from a small solid angle centred on the sun's disc, on a given plane. (ref: ISO 9060)
長波放射	radiation not of solar origin but of terrestrial and atmospheric origin and having longer wavelengths ($3\,000$ to $100\,000 \times 10^{-9}$ m). In case of downwelling $E_i \downarrow$ also the background radiation from the universe is involved, passing through the "atmospheric window". In case of upwelling $E_i \uparrow$, composed of long-wave electromagnetic energy emitted by the earth's surface and by the gases, aerosols and clouds of the atmosphere; it is also partly absorbed within the atmosphere. For a temperature of 300 K, 99.99 % of the power of the terrestrial radiation has a wavelength longer than $3\,000 \times 10^{-9}$ m and about 99 per cent longer than $5\,000 \times 10^{-9}$ m. For lower temperatures, the spectrum shifts to longer wavelengths. (ref: WMO)
World Radiometric Reference (WRR)	measurement standard representing the SI unit of irradiance with an uncertainty of less than $\pm 0.3\%$ (see the WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, 1983, subclause 9.1.3). The reference was adopted by the World Meteorological Organization (WMO) and has been in effect since 1 July 1980. (ref: ISO 9060)
アルベド	ratio of reflected and incoming solar radiation. Dimensionless number that varies between 0 and 1. Typical albedo values are: < 0.1 for water, from 0.1 for wet soils to 0.5 for dry sand, from 0.1 to 0.4 for vegetation, up to 0.9 for fresh snow.
設置角	angle of radiation relative to the sensor measured from normal incidence (varies from 0° to 90°).
天頂角	angle of incidence of radiation, relative to zenith. Equals angle of incidence for horizontally mounted instruments
方位角	angle of incidence of radiation, projected in the plane of the sensor surface. Varies from 0° to 360° . 0 is by definition the cable exit direction, also called north, east is $+90^\circ$. (ASTM G113-09)
日照時間	sunshine duration during a given period is defined as the sum of that sub-period for which the direct solar irradiance exceeds 120 W/m^2 . (ref: WMO)

8.10 浮動小数点フォーマット変換

マイクロコントローラとレジスタの効率的な利用のために、データは浮動整数もしくは不動小数点で保持されています。実際、float は実数をおよその数で表す方法です。浮動小数点の実装として、Hukseflux は IEEE754 標準に従っています。この例ではレジスタ 41,42 の浮動小数点を 10 進数に変換するものです、センサマネージャソフトとその他の Modbus ツールで浮動小数点データは 10 進数に自動的に変換されます。

レジスタ 41+42 の計算例

Data in register 41, 16754 (MSW)

Data in register 42, 15729 (LSW)

Double word:

$(MSW \times 2^{16}) + LSW$

したがって: $(16754 \times 2^{16}) + 15729 = 1098005873$

IEEE 754 によると:

符号ビット:

$1098005873 < 2147483647$

したがって: 符号ビット = 1;

2147483647 は IEEE 754 で規定されたものです。

べき数:

$1098005873 / 2^{23} = 130$ (小数点は無視)

$130 - 127 = 3$

したがって: べき数 = 3;

127 は IEEE 754 で規定されたものです。

仮数:

$130 \times 2^{23} = 1090519040$

$1098005873 - 1090519040 = 7486833$

$7486833 / 2^{23} = 0.8925$

IEEE 754 によると、仮数を求めるのに 1 を足す必要があります。

$0.8925 + 1 = 1.8925$

したがって: 仮数 = 1.8925

浮動小数点の計算:

$\text{float} = \text{符号ビット} \times \text{仮数} \times (2^{\text{べき数}}) = 1 \times 1.8925 \times 2^3 = 15.14$

したがって: 浮動小数 = 15.14

8.11 ファンクションコード、レジスタ、コイル概要

Table 8.11.1 サポートされている Modbus ファンクションコード

サポートされている MODBUS ファンクションコード	
ファンクションコード (HEX)	詳細
0x01	コイル読み出し
0x02	入力読み出し
0x03	保持レジスタ読み出し
0x04	入力レジスタ読み出し
0x05	コイル 書き込み
0x06	保持レジスタ1ワード書き込み
0x0F	コイル連続書き込み
0x10	保持レジスタ 連続書き込み



マスタ機器によってはデータリクエストはそれぞれの SR05 レジスタ番号に対して+1 する必要があるかもしれません。例: SR05 レジスタ番号 7 + マスターオフセット = 7 + 1 = マスターレジスタ番号 8.

Table 9.12.2 0-82 番レジスタ

ModBus レジスタ 0-82				
レジスタ番号	パラメータ	内容	タイプ	データ・フォーマット
0	Modbus address	Modbus network 上のセンサアドレス デフォルト = 1	R/W	U16
1	Serial communication settings	シリアル通信設定 デフォルト = 5	R/W	U16
2 + 3	Irradiance	放射強度 x 0.01 W/m ²	R	S32
4 + 5	Factory use only			
6	Sensor body temperature	本体温度 x 0.01 °C	R	S16
7	Sensor electrical resistance	電気抵抗値 x 0.1 Ω	R	U16
8	Scaling factor irradiance	デフォルト = 100	R	U16
9	Scaling factor temperature	デフォルト = 100	R	U16
10 + 11	Sensor voltage output	電圧出力 x 10 ⁻⁹ V	R	S32
12 to 31	Factory use only			
32 to 35	Sensor model	センサ詳細情報	R	String
36 to 39	Sensor model	センサ詳細情報	R	String

ModBus レジスタ 0-82(続き)				
レジスタ番号	パラメータ	内容	タイプ	データ・フォーマット
32 to 35	Sensor model	センサ詳細情報	R	String
36 to 39	Sensor model	センサ詳細情報	R	String
40	Sensor serial number		R	U16
41 + 42	Sensor sensitivity	感度定数 $\times 10^{-6} \text{ V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	R	Float
43	Response time	反応時間 $\times 0.1 \text{ s}$	R	U16
44	Sensor resistance	抵抗値 $\times 0.1 \Omega$	R	U16
45	Reserved	常に 0	R	U16
46 + 47	Sensor calibration date	キャリブレーション日 YYYYMMDD	R	U32
48 to 60	Factory use			
61	Firmware version		R	U16
62	Hardware version		R	U16
63 + 64	Sensor sensitivity history 1	感度設定履歴1 $\times 10^{-6} \text{ V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ デフォルトは 0	R	Float
65 + 66	Calibration date history 1	キャリブレーション日 YYYYMMDD デフォルト 0	R	U32
67 + 68	Sensor sensitivity history 2	63 + 64 と同様	R	Float
69 + 70	Calibration date history 2	65 + 66 と同様	R	U32
71 + 72	Sensor sensitivity history 3	63 + 64 と同様	R	Float
73 + 74	Calibration date history 3	65 + 66 と同様	R	U32
75 + 76	Sensor sensitivity history 4	63 + 64 と同様	R	Float
77 + 78	Calibration date history 4	65 + 66 と同様	R	U32
79 + 80	Sensor sensitivity history 5	63 + 64 と同様	R	Float
81 + 82	Calibration date history 5	65 + 66 と同様	R	U32

Note 1: 16bit までのリクエストは一度に送信できます。それ以上は Multiple request を使用してください。



マスタ機器によってはデータリクエストはそれぞれの SR05 レジスタ番号に対して+1 する必要があり、その場合はコイルも同様にしてください。

Table 9.12.3 コイル

コイル				
コイル	パラメータ	内容	タイプ	データ・フォーマット
0	Restart	センサの再起動	W	Single bit
1	Reserved			
2	Check	センサの電気抵抗計測	W	Single bit

8.12 EU 適合宣言書



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

in accordance with the requirements of the following directive:

2014/30/EU The Electromagnetic Compatibility Directive

hereby declare under our sole responsibility that:

Product model: SR05

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: SR05-DA1, SR05-DA2, 30 November 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Eric Hoeksema', written over a light blue grid background.

Eric HOEKSEMA
Director
Delft
07 December,