

SPN1

テクニカル
ファクトシート

ΔT

Delta-T Devices





SPN1 テクニカル ファクト シート



目次

何を測定するのですか？.....	3
全天日射とは何ですか？.....	3
拡散日射とは何ですか？.....	3
日照状態とは何ですか？.....	4
SPN1が重要な理由は何ですか？.....	4
SPN1はどのように機能しますか？.....	4
SPN1設計の利点.....	4
測定される波長は何ですか？.....	4
測定単位は何ですか？.....	4
日照時間はどのようにして求めますか？.....	5
直達放射はどのようにして求めますか？.....	5
キロワット時間はどのようにして求めますか？.....	5
コサイン応答とは何ですか？なぜ気にする必要があるのですか？.....	5
サーモパイルとは何ですか？.....	5
温度係数が十分に良好であることを保証するために何が行われますか？.....	6
傾斜した SPN1:なぜ傾斜するのですか？.....	6
傾斜した SPN1:何がわかりますか？.....	7
DNI:それは何ですか？.....	7
DNI:なぜ必要なのですか？.....	7
SPN1が太陽に直接向いている場合、DNI はどのように計算しますか？.....	8
SPN1が水平の場合、DNI はどのように計算しますか？.....	8
SPN1が傾斜しているが太陽を追っていない場合、DNIはどのように計算しますか？..	9
DNI 値が負になるのはなぜですか？.....	9
完全なSPN1測定システムはどのようになっているのですか？.....	10
SPN1校正.....	11
現場での再校正.....	12
適用される品質基準は何ですか？.....	14



何を測定するのですか？

SPN1日射計は、3つの出力チャンネルを備えた1つのセンサーです。

1. 全天日射量
2. 拡散日射量
3. 日照状態

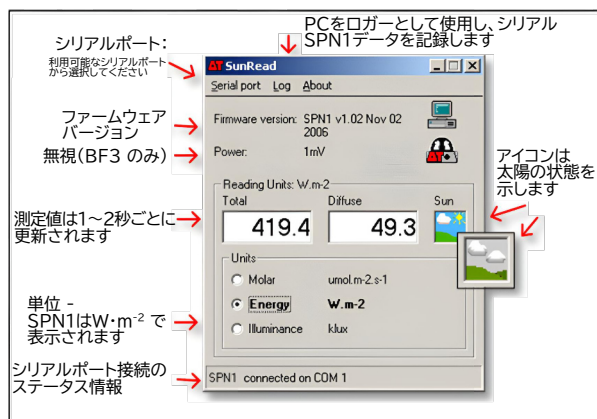


図1 SunReadプログラムを実行しているPC上でのSPN1リアルタイム測定値の表示

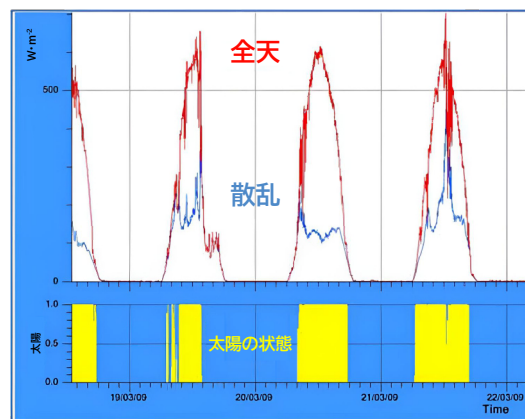


図2 数日間にわたって記録されたSPN1測定値のグラフ表示上のグラフ:全光量と拡散光量(W/m2単位)
下のグラフ:日照時間で記録された日照状況

全天日射量とは何ですか？

これは、太陽からの直射光と、雲やエアロゾルなど空の他の部分からの拡散散乱光を含む、空全体から受ける放射量です。これは、標準的な水平型日射計で観測されるものです。

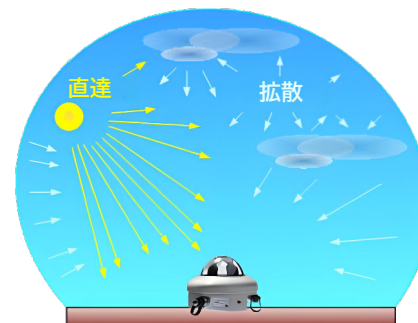


図3 拡散放射と直達放射

拡散放射とは何ですか？

拡散放射とは、太陽から直接受ける放射を除き、空の他の部分から受ける放射のことです。拡散放射は、太陽光発電装置にとって貴重なエネルギー源となり得ます。直達放射は衛星データからかなり正確に予測できますが、大気中の散乱過程をすべてモデル化するのは非常に困難です。そのため、太陽光発電の試験期間中、試験サイトで拡散放射を測定するのが最善です。

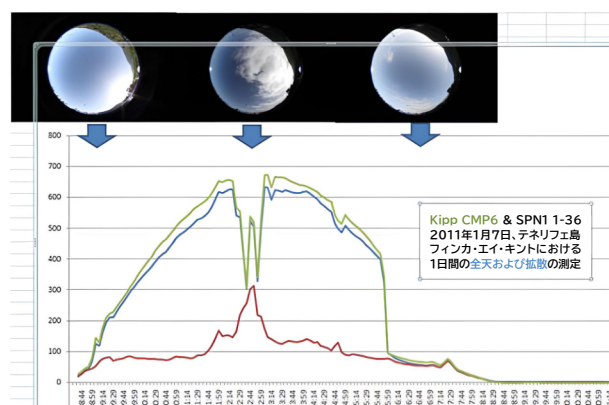


図4: 全光線および拡散光線の測定値と、魚眼レンズで撮影した対応する空の写真。正午の雲と夜明けと夕暮れの山脈の影響を示しています。データはテネリフェ島から。



日照状態とは何ですか？

特定の時点において太陽が輝いていたかどうかを示します。これは、影を落とすほど太陽が十分に明るい状態にほぼ相当します。より正確には:-日照状態の出力は、全放射量と全放射量に対する散乱放射量の比率に基づくアルゴリズムを用いて、直達ビームのエネルギーがWMO標準しきい値である 120W/m^2 を超過するかどうかを示します。

SPN1はなぜ重要なのでしょうか？

以下の用途に使用されます。

- 全天、直達、散乱太陽放射量、および日照時間の測定に関する気象研究
- 太陽エネルギーのモニタリング、ソーラーコレクター、および太陽光発電の研究
- 建築および建物設計、建物およびスポーツスタジアムの照明および熱収支の研究
- 建物の自動太陽熱管理

SPN1はどのように動作するのでしょうか？

SPN1は、シャドーマスクと呼ばれる穴あき半球形のドームで覆われた六角形のグリッド上に7つのセンサーを配置しています。シャドーマスクの設計は独特です。特別に設計された進化的アルゴリズムを用いてコンピューターで生成され、以下のことを保証します。-

- 少なくとも1つのセンサーが常に太陽光線に完全にさらされている。
- 少なくとも1つのセンサーが直達日光から完全に遮られている。
- すべてのセンサーが、空の残りの半球から均等量の拡散光を受けている。



SPN1設計の利点

直達日射および拡散日射の測定には、通常、2台の日射計とコンピュータ制御の太陽追尾シェードディスクが必要です。SPN1は可動部品なしで測定できるため、はるかに安価で、信頼性も高くなります。また、はるかに小型で軽量で、北を合わせる必要がないため、設置も簡単です。応答時間もはるかに速く、標準的なサーモパイル式日射計の最大5分と比較して、200ミリ秒未満です。その結果、一部のお客様から、移動中の車、飛行機、さらにはブイや船上での使用の可能性を調査しているとの報告がありました。このような状況では、傾きを記録し、それに応じてデータを修正する必要があると考えられます。

どの波長を測定しますか？

SPN1は、 400nm から 2700nm までの短波長放射を W/m^2 で測定します。

測定単位は何ですか？

拡散太陽放射と全天太陽放射はどちらもワット/平方メートル(W/m^2)で測定されます。日照状態には単位がありません。日照があるか、ないかの2値です。記録されたデータをスプレッドシートに保存すれば、日照状態の記録から日照時間を簡単に算出できます。



日照時間はどのようにして算出するのですか？

通常は、日照状態の出力データをデータロガーまたはPCに直接ファイルに記録します。その後、このファイルをスプレッドシートにインポートします。日照時間は、1時間あたりの日照イベント数を合計し、その回数を記録間隔数で割ることで算出します。

例

ある1時間に30回日が照りました。1分ごとに記録していたため、60回の計測値がありました。その時間に受けた太陽光の量は、 $30/60 = 0.5$ 時間でした。

直達放射はどのようにして求めますか？

太陽放射の直達放射は、全放射量から拡散放射量を差し引いて計算できます。

直達放射量は、検出器が太陽に直接向いているときに最大になります。検出器を太陽から遠ざけると、受け取るエネルギーは少なくなります。「直達放射照度とは」も参照してください。

キロワット時(kWh)はどうやって求めるのですか？

SPN1は、放射線の受信率をワット/平方メートル(W/m²)で測定します。これは、1平方メートルあたり1秒あたりに受信するエネルギーです。SPN1では通常、PCまたはデータロガーを使用して、1分ごとまたは5分ごとに記録します。データをスプレッドシートにインポートすれば、簡単にkWhに変換できます。たとえば、1時間にわたって継続的に1000W/m²を測定すると、1時間後に1kWhのエネルギーを受け取ったことになります。

コサイン応答とは何ですか？なぜ気にする必要があるのですか？

完璧なセンサーは完全に黒く、傾斜方向に関わらず、その上のすべての放射線を吸収します。黒いゴルフボールのように見えるかもしれません。実際には、平坦な検出面を持つセンサー（および一部のPVデバイス）を設計する方が通常は簡単です。もしこれが完全に黒であれば、直達日光に対する感度は、2つの角度の間の角度のコサインに応じて変化します。コサイン応答は業界標準となり、太陽光センサーの性能を一般的に評価する基準となっています。（水平）センサーのコサイン応答の誤差は、太陽が水平線上にあるときに最も大きくなる傾向があります。これは、日の出と日の入りの際の放射量に特に関心がある場合には残念なことです。

SPN1コサイン誤差は、0度から90度までの入射放射量の2%未満です。

サーモパイルとは？

サーモパイル検出器は電圧発生装置です。電圧は、太陽光下と暗闇にある2つの異なる金属間の温度差によって発生します。多くの日射計では、これらのセンサーは拳ほどの大きさです。

SPN1サーモパイル検出器は、それに比べると非常に小さいです。トランジスタ型パッケージに密封され、不活性ガスでパージされ、長期安定性を確保するために熱処理されています。



これらのサーモパイル検出器は純粋な抵抗として機能し、 $1/f$ ノイズやマイクロフォニック ノイズを生成せず、抵抗によるジョンソンノイズのみを生成し、 $10^{-6} \sim 0.1 \text{ W/cm}^2$ の入射電力に対して線形出力を生成します。独自のエネルギー吸収材料を使用して設計されており、SPN1のスペクトル範囲全体にわたって基本的に平坦なスペクトル応答を備えています。これはサーモパイルの設計によって制限されるのではなく、良好なコサイン応答を作成するために使用されるSPN1固有のその他の光学部品によって制限されます。

温度係数が十分に良好であることを保証するために何が行われますか？

ほとんどのサーモパイル型日射計は、地球から宇宙への放射冷却により、夜間に負の出力を示します。SPN1の構造には、大気とサーモパイルの間に3つの分離要素が含まれているため、この影響は最小限に抑えられます。SPN1内の電子機器は正の信号のみを測定・出力するので、出力がゼロを下回ることは決してありません。一般に、システム内のノイズの影響により、暗い環境では小さな正の出力($< 3 \text{ W/m}^2$)が発生します。SPN1は急激な温度変化に敏感で、冷却時には正の誤差、加熱時には負の誤差が生じます。センサーを暖かい部屋から冷たい屋外に移動すると、センサーが周囲温度に達するまで、この誤差が目に見える場合があります。SPN1の温度係数は、 1°C あたり $\pm 0.02\%$ (標準)です。

傾斜した SPN1:なぜ傾斜するのですか？

ソーラーパネルや太陽光発電の研究者は、SPN1をソーラーパネルと同じ傾斜面に取り付けることがよくあります。これにより、SPN1 は地面からの反射光など、パネルが捉えるものとまったく同じものを捉えます。

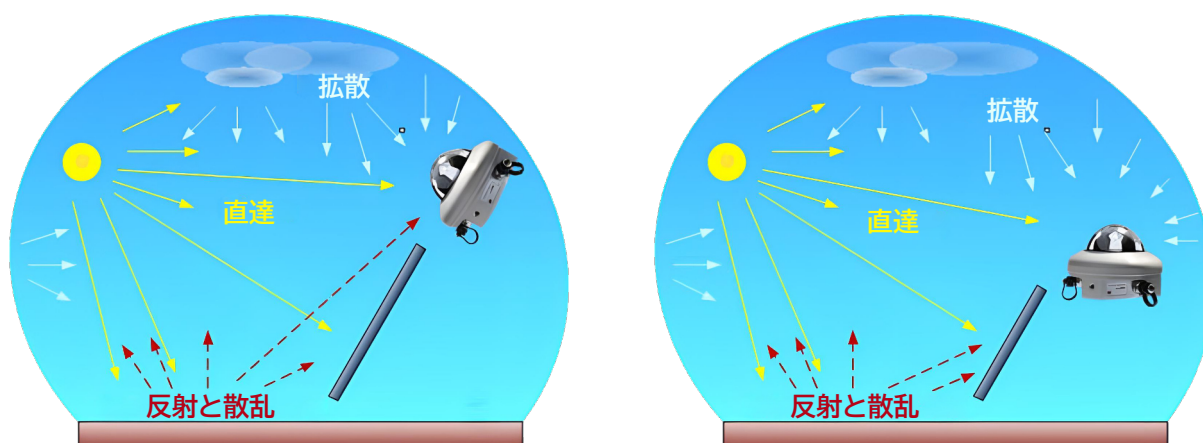


図5:傾斜したSPN1と水平なSPN1の動作を示す模式図。SPN1は水平より上のすべてを観測します。SPN1を傾斜させることは、傾斜した太陽光発電パネルが受ける拡散放射と同じ拡散放射を記録するのに特に役立ちます(2つの太陽を観測しないことが条件です。2つの太陽を観測すると測定値の信頼性が低下する可能性があります)。水平なSPN1は、DNI (直達法線放射照度)の計算を容易にするのに役立ちます(太陽追跡装置をお持ちでない場合)。



傾斜したSPN1:何がわかりますか？

太陽光パネルに対して平行に傾斜したSPN1は、地面からパネルに反射される太陽光放射を含め、パネルが捉えているものを正確に知らせてくれます。



多くの太陽電池パネルは太陽を追跡せず、ある固定角度で取り付けられています。この場合、等価DNI(直接垂直入射)放射の計算にはコンピューターが必要です。

DNI: それは何ですか？

直達日射照度(DNI)は、直達日射照度(DNSI)とも呼ばれ、太陽の方向に垂直な単位面積上の地表に単位時間当たりに入射する太陽光スペクトルのエネルギーです。

DNI: なぜ必要なのですか？

これは、太陽光パネルを比較するためのエネルギーベースの方法です。太陽光パネルの効率をDNIと比較することは一般的な方法です。DNIマップは容易に入手可能で、特定の場所が太陽光発電に適しているかどうかを素早く見積もるためによく使用されます。その理由の一つは、数年にわたるDNI測定値の履歴マップが一部の国(例:米国)で容易に入手できることです。さらに、地上レベルのDNIマップは、地球の大気圏を通過する際に適切な補正を行った衛星データから計算できます。

太陽光発電パネルの効率を正確に評価するという目標は、太陽光発電業界にとって大きな関心事です。これは非常に複雑なテーマなので、Wikipedia から調べるのが良いでしょう。異なる場所における DNI の知識は、フィールド試験間の比較を行う際に役立ちます。

太陽光パネルが太陽を正確に追跡する場合(これには 2 つの移動軸が必要です)、その効率を直達照度(DNI)と比較するのが一般的です。



異なる場所でのフィールド試験結果を比較する場合、DN1だけで全てを把握できるわけではありません。なぜなら、当然のことながら、光は太陽から直接来るわけではなく、大気や地面によって散乱されるからです。傾斜したソーラーパネルの場合、地面からの散乱光は太陽光発電の大きな追加源となる可能性があり、SPN1はこれらの測定を行うのに最適な場所に設置されています。

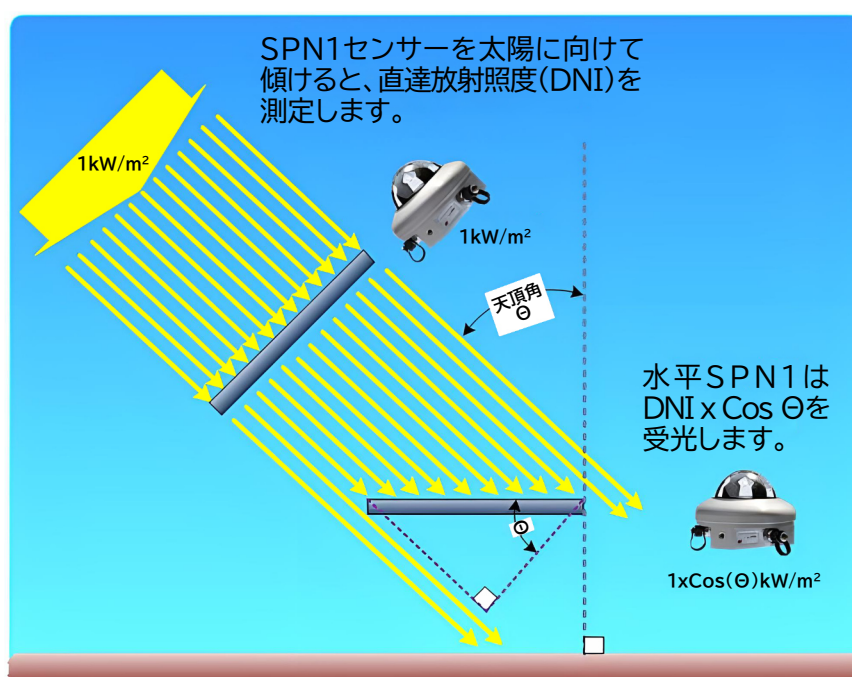
SPN1 を 2 軸追尾システムに接続している場合、SPN1 の直接出力から DNI が得られますが、さらに拡散出力から、空や雲からの散乱光と地面からの散乱光の両方を含む、受信する追加放射量を得られます。

SPN1 が太陽に直接向いている場合、DNI はどのように計算すればよいですか？

直接法線放射照度は次の式で求められます。

$DNI = \text{直接} = \text{総放射量（全球）} - \text{拡散}$

SPN1 が水平の場合、DNI はどのように計算すればよいですか？



$$DNI = (\text{SPN1直達}) / \cos \theta$$

ここで: -

θ = 天頂角

$$\text{SPN1直達} = \text{SPN1総和(全球)} - \text{SPN1拡散}$$

水平に設置されたSPN1の出力からDNIを計算するExcelスプレッドシートアドインを提供できます。

天頂角はアドインまたはマクロによって自動的に計算されます。スプレッドシート関数では、緯度と経度、現地時間、グリニッジ標準時との時差を入力する必要があります。それは、その時点における太陽の天頂角を計算します。



SPN1が傾いているものの太陽を追尾していない場合、DNIはどのように計算すればよいですか？

SPN1がソーラーパネルと平行に設置されており、パネルが傾いているものの太陽を追尾していない場合、計算はより複雑になります(正弦波と余弦波の数が増えるため)。補正方法を説明したアプリケーションノートは提供できますが、補正を行うためのコンピュータプログラムは提供しておりません。

参考資料:建物制御におけるBF3日照センサーの使用、John Wood著、2002年12月12日(BF3は、同じシャドウマスク技術を採用したBF5日照センサーの旧バージョンです)。

なぜ負のDNI値が得られるのですか？

SPN1出力は常に拡散光出力よりも大きなグローバル出力を出力します。そのため、暗闇では、計算された直達光(水平)値に数 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度のわずかなノイズが常に出力に含まれます。しかし、日没と日の出の近くでは、太陽の天頂角が $<90^\circ$ から $>90^\circ$ に変化します。つまり、天頂角の余弦は小さな正の値から小さな負の値に変化します。

$\text{DNI} = \text{Direct} / \cos(\text{Zenith})$ を計算すると、Direct値のノイズにより、日没と日の出の両側に大きな正と負のスパイクが発生します。

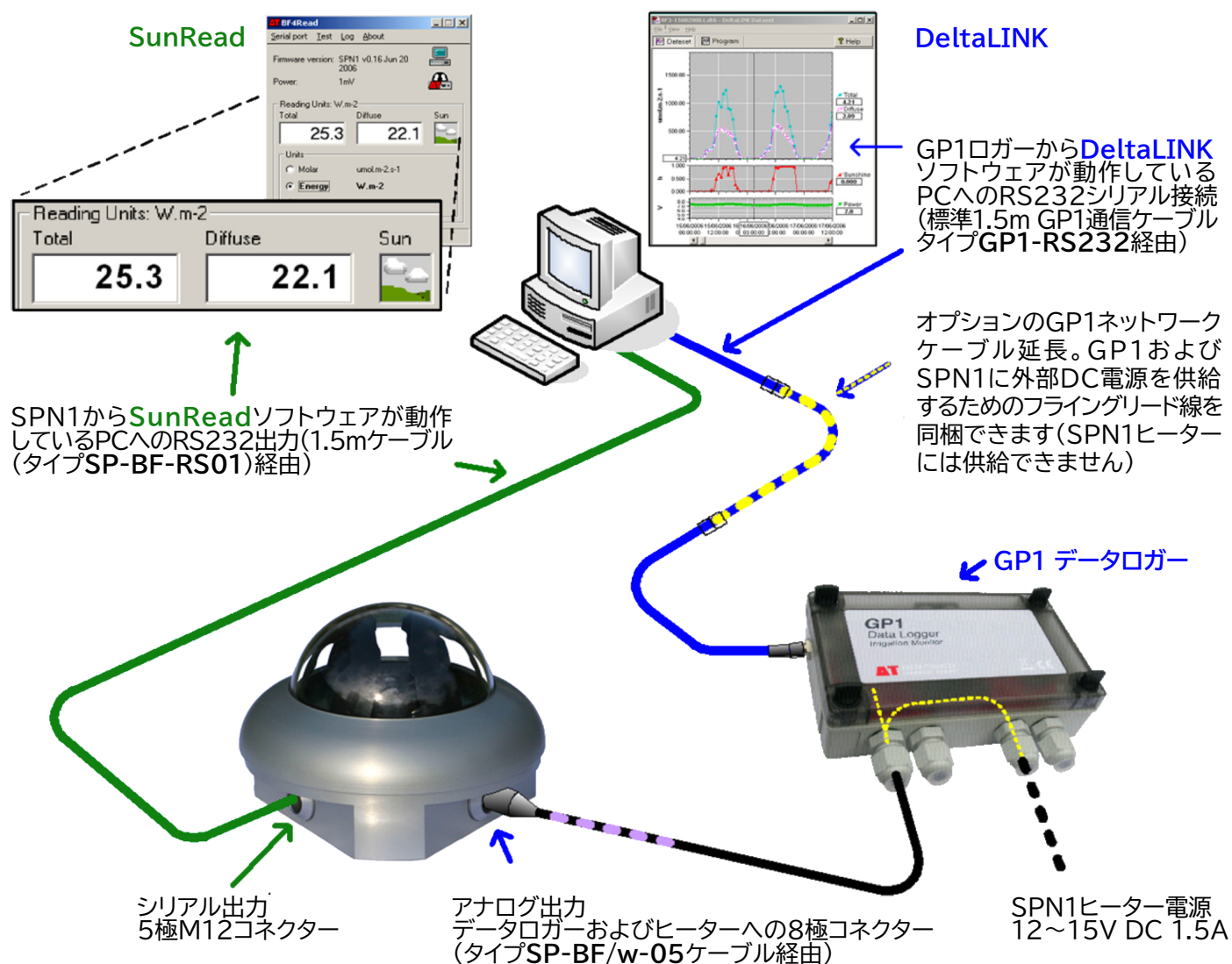
これを避ける最も簡単な方法は、全天日射量が例えば $10\text{W}/\text{m}^2$ より大きいとき、または天頂角が例えば 88° 未満のときのみDNIを計算することです。これにより、日没時のこれらのスパイクをすべて回避できます。

測定値の合計を $\text{kWhr}/(\text{m}^2\cdot\text{day})$ で計算するには、1日のすべての測定値を合計し、1時間あたりの測定値数で割り、さらに1000で割ります。したがって、たとえば、10分ごとに記録する場合(つまり、1時間あたり6回の測定値)、1日のすべての値(W/m^2 単位)を合計し、6000で割ると kWhr/m^2 が得られます。



SPN1計測システム全体はどのようなものですか？

SPN1からの測定値は、データロガーに適したアナログ信号、またはコンピュータやモデムに適したデジタルシリアル信号として出力できます。下の図は、両方のオプションが使用されている様子を示しています。どちらの方法でも、データはPCに保存されます。例えばビル管理システムに適したリアルタイムデータが必要な場合は、シリアル出力を選択することになるでしょう。主に長期間にわたってデータを記録する場合は、データロガーに接続されたアナログ出力を使用する方がよいでしょう。これは、PCよりも信頼性が高い傾向があるためです。一部のPCはアナログ信号にグラウンドループエラーを引き起こす可能性があるため、一般に、両方のソリューションを同時に使用することはお勧めしません。





SPN1 校正

工場校正

SPN1 は工場でトランスファー標準器 SPN1 を用いて校正されています。校正はシャドウマスクを取り付ける前に行われ、すべてのサーモパイルセンサーが均一に露光されます。ユニットは、強度とスペクトル構成が明るい太陽光とほぼ一致する光源を備えた 12 インチ積分球内で校正されます。7 つのセンサーそれぞれに必要な校正係数は計算され、SPN1 にプログラムされています。これにより、生産ユニットが基準と一致し、コサイン応答の変動が天頂角の全範囲にわたって均等に分散されます。



次に、SPN1は2番目の作業標準器と比較されます。

シャドウマスクを取り付けた後、校正ランプ装置でSPN1の読み取り値を3番目の作業標準器と比較します。

作業標準器は、2つのトランスファー標準器と比較されます。これらのトランスファー標準器は、英国ウィンスターの屋外で数週間にわたり、さまざまな気候条件下で、いくつかのより高い標準器と比較され、定期的に再校正されます。

- 一次標準器 SPN1
- Kipp & Zonen CM21 日射計
- Kipp & Zonen CHP1 追尾型日射計
- Kipp & Zonen CMP6 換気型日射計を使用した太陽追尾装置および遮光ディスクシステム

CM21とCHP1は、Kipp & Zonenの屋内で、スイスのダボスにある世界気象機関(WMO)標準にトレーサブルな標準器を用いて定期的に再校正されています(図6参照)。

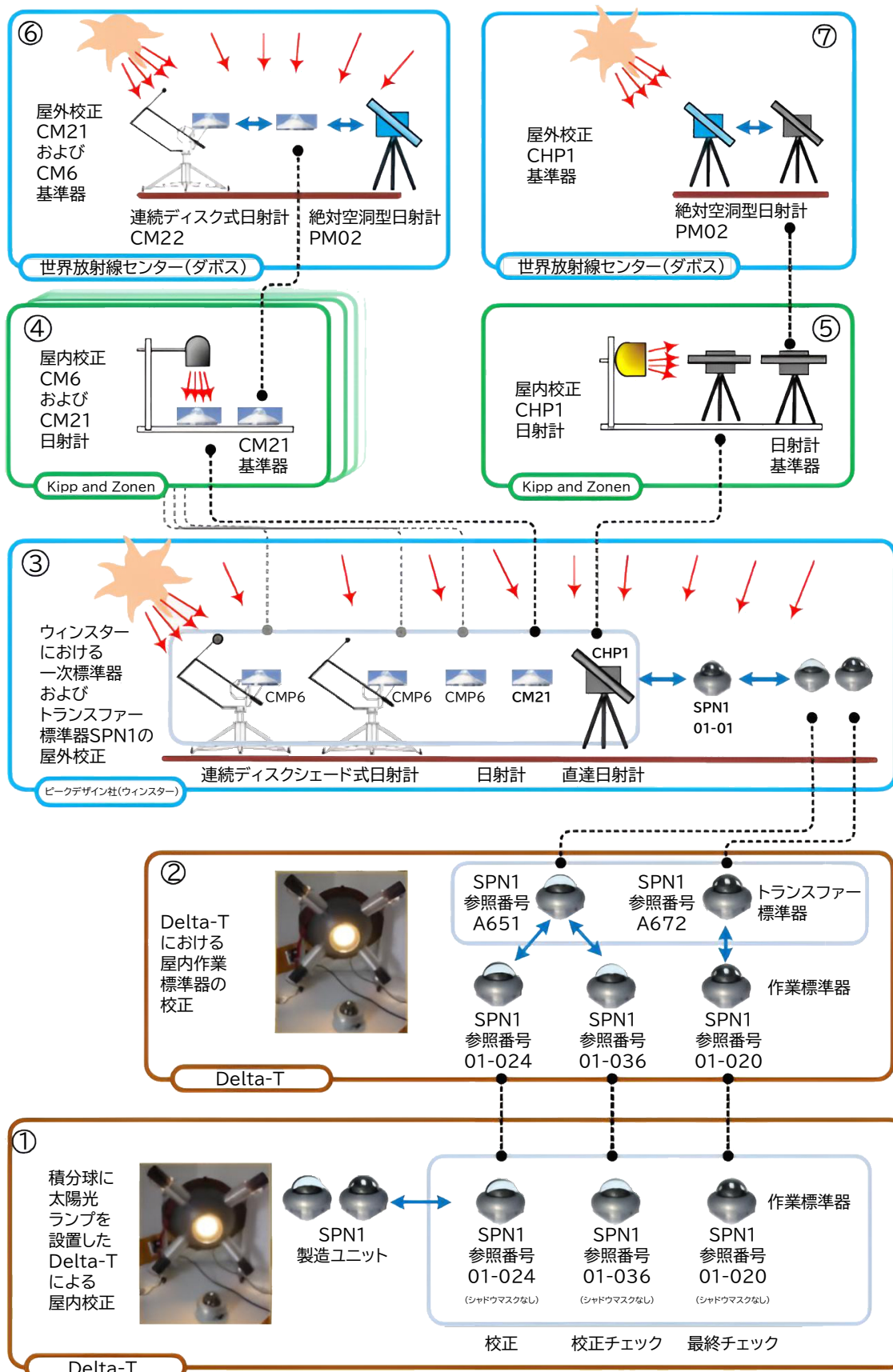


図6 SPN1校正チャート



現場での再校正

十分な低い地平線と十分な強度の太陽があり、十分に高い高度まで昇る適切な場所であれば、ユーザーは細心の注意を払って屋外で高品質の日射計を使用してSPN1を再校正することができます。

英国では夏季に、実験室で校正された生産ユニット SPN1 バッチを、屋外で1台以上のトランスファー標準SPN1および1台以上のKipp & Zonen CMP11日射計と比較しながら定期的に検査します。これらの日射計自体は Kipp & Zonen CM21 と比較しながら定期的に検査されています。

私たちの判断では、英国(北緯52度)の冬の太陽の強さと高さは校正目的には適していません。そのため、私たちは時々、冬の太陽が $500\text{W}/\text{m}^2$ を超えるカナリア諸島のテネリフェ島への現地調査を行っています。



テネリフェ島にある当社の試験場では、試験対象のユニットは、1台以上のトランスファースタANDARD SPN1およびKipp & Zonen CMP6全天日射計とともに記録されます。これらはすべて、気泡水準器付きの水準器を使用して水平に設置されています。SPN1ヒーターの電源は、高品質の医療用グレードの主電源からDC電源(EMC保護電源とライン電圧安定化装置を追加装備し、地域の不十分な規制電源のノイズやサージの影響を最小限に抑え、アース帰路電流による読み取りエラーの可能性を最小限に抑えます)によって供給されます。適切な電池駆動型データロガーを使用して、5秒ごとに測定値を取得し、5分ごとに平均化して10~15日間保存します。SPN1およびKipp & Zonenガラスドームは、可能な限り清潔に保たれ、雨滴が付着しません。SPN1合計(グローバル)測定値とKipp & Zonen測定値の毎日の回帰分析は、Microsoft Excelなどのスプレッドシートを使用して実行され、これにより試験対象ユニットの精度が決定されます。

なぜ再校正のために製造元に返却する必要があるのですか？

弊社の社内再校正手順については、上記の「工場校正」の項で説明されています。この手順には、シャドウマスクの取り外し(お客様自身で行うべきではありません)と、7つのサーモパイルセンサーそれぞれのゲインアンプの再校正が含まれます。現場で校正を行う場合は、ユニット全体に対して1回の平均補正のみを適用できます。この補正を記録し、各データセットに適用する必要があります。ユニットを当社に返送すると、再調整情報が実際に適用され、センサーに保存されます。



どのような品質基準が適用されますか？

SPN1は、スペクトル応答(0.4~2.7 μ mの範囲で $\pm 10\%$ の精度)を除くすべての点で、日射計のISOファーストクラス基準およびWMOグッドクオリティ基準を満たしているか、それを上回っています。

SPN1とWMOおよびISO日射計規格との比較

		ISO: 二次標準	ISO: ファーストクラス	 SPN1	注記
		WMO: 高品質	WMO: 良質		
応答時間	ISO & WMO	<15秒	<30秒	0.1秒	最終値の95%まで(実際の応答時間は1000ms)
ゼロオフセット応答:	ISO & WMO	7W/m ²	15W/m ²	<3W/m ²	天空への正味放射損失200 W/m ² まで(換気あり)
ゼロオフセット応答:	ISO & WMO	± 2 W/m ²	± 4 W/m ²	<3W/m ²	周囲温度が5℃/時間変化した場合
分解能	WMO	± 1 W/m ²	± 5 W/m ²	0.6W/m ²	検出可能な最小変化
非安定性:	ISO & WMO	$\pm 0.8\%$	$\pm 1.5\%$	<1.0%	年間感度変化
非安定性:	ISO & WMO	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	<1%	100~1000W/m ² の範囲における500W/m ² での感度からの偏差
方向応答:	ISO & WMO	± 10 W/m ²	± 20 W/m ²	± 20 W/m ²	1000W/m ² における通常の入射光応答が全方向で有効であると仮定することによる誤差
スペクトル選択性	ISO(0.35~1.5 μ m) WMO(0.30~3.0 μ m)	$\pm 3\%$ $\pm 2\%$	$\pm 5\%$ $\pm 5\%$	$\pm 10\%$ (0.4~2.7 μ m)	分光吸収率と透過率の積の平均からの偏差
温度応答:	ISO & WMO	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 1\%$	周囲温度50℃変化による誤差
傾斜応答:	ISO & WMO	$\pm 0.5\%$	$\pm 2\%$	注記を参照*	1000W/m ² において水平から垂直への傾斜による水平応答からの偏差
達成可能な不確かさ:	WMO 1時間積算値 WMO 1日積算値	3% 2%	8% 5%	5% ± 10 W/m ² 5%	95%信頼水準

*2%未満であると考えられますが、まだ明確に測定されていません。



注記



 旭光通商株式会社
<https://kyokko.com/contact/>
<https://kyokko.com/>

作成者: Nick Webb
Delta-T Devices Ltd
バージョン: 1.2d 2014年1月27日

AT
Delta-T Devices