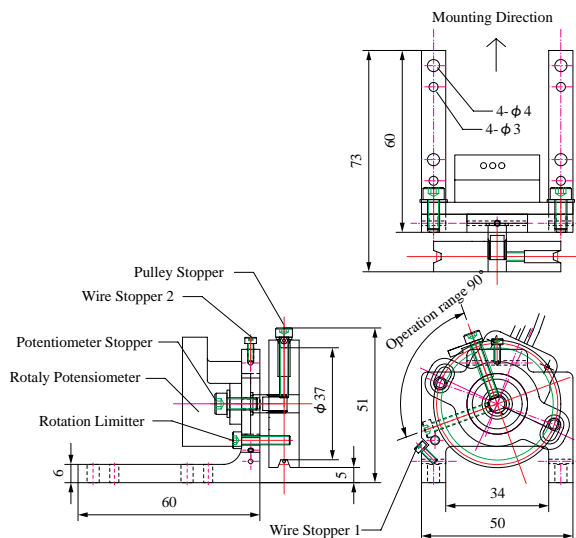


Absolute Circumferential Rotary Dendrometer MIJ-02 TypeII

日本環境計測株式会社 幹周デンドロメーター MIJ-02型式



<解説>

デンドロメーターとは植物の成長速度を計測するセンサーのことで、縦方向の成長、横方向（幹周の成長）が古くから計測されています。原始的ではありますが、ベルト型のメジャーを樹の幹に巻き付け、その季節変化を目視で読み取る方法が代表的な手法です。この方法はローコストなので数多くの樹木の計測が可能というメリットがある反面、人間が定期的に確認する必要があり、数が増えるとなおさら労力を要求されます。一方、この変位を電氣的に読みとる仕掛けがMIJ-02型式です。データロガーと組み合わせることで、肥大生長を日変化、季節変化の両方、つまり短いインターバルで長期間に渡った自動読取を可能にしています。また目視タイプには不可能な μm 単位での安定した計測が可能になります。

<特徴>

- 初期なじみ期間が数ヶ月を要するバンド式に対して、ワイヤー式を採用したことで装着直後から計測が可能
- ポテンショとプーリを丸ごと10度回転させることが可能。設置時の初期テンションをかけることが容易
- ワイヤーの配置を幹に近接(5mm)させたことにより、幹周の変化を絶対値で直接計測できる設計
- バックラッシュがないポテンシオメータを採用することで、膨張収縮の日変化まで読み取る事が可能
- プーリの直径が $\phi 37\text{mm}$ 。電氣的機械的回転角度の範囲が90度。そのため測定レンジが29mmと広い
- ワイヤーストッパーを装備。現場での設置時に、もしくはケーブルのリセット時に操作が簡単
- 出力はレシオメトリック。ポテンシオメータそのものの温度特性を回避

<仕様>

標準品型式	MIJ-02型式/W2.0/C5.0 (ワイヤー2m、ケーブル5m)
測定範囲	29059.7 μm ($\phi 37000\mu\text{m} \times \pi \times 90\text{DEG}/360\text{DEG}$)
出力	レシオメトリック (例:プレヒート5V時に、出力のフルスケールが5V)
分解能	データロガー依存 (5.81194 $\mu\text{m}/\text{mV}$ 。MIJ-01の場合0.1 μm 未満、MIJ-12の場合5.8 μm)
出力の回帰式	$dL=29059.7 \times V_{\text{out}}/V_{\text{pre}}$ (dL:変位 μm 、 V_{out} :電圧出力、 V_{pre} :プレヒート電圧) (MIJ-01の場合 $dL=29059.7 \times X001/5000$ をPVSに入力)
プレヒート	5VDC (5mA at 5VDC)
耐電圧	18VDC以下
ピンアサイン	赤:プレヒート、白:電圧出力、黒:コモン(プレヒートGNDと電圧出力GNDが共用)
トルク	0.03-0.15Nm (0-29mm範囲での実測値)
ワイヤー温度特性	熱膨張係数 $17.3 \times 10^{-6}/\text{DEG}$ (SUS304)
防水能	IP65 (ポテンシオ部)
使用温度範囲	-40 to 100 DEG (氷結で固着することはありますが、破壊はしない範囲)
サイズ	幅50mm、高さ51mm、長さ73mm (ケーブル含まず)
重量	110 grams (付属の5mケーブル、タッピングネジ、2mワイヤー含まず)
プーリ回転角度	機械的にも電氣的にも90DEG
取り付けネジ穴	$\phi 4-4$ 箇所。 $\phi 3-4$ 箇所。(左記どちらかの4穴を使用)
ネジ規格	ポテンシオストップネジM4-10(六角穴対辺3.0mm)。ワイヤーストッパネジM2-6(六角穴対辺1.5mm)
防水コネクタ規格	住鋇テックCL07D03M(プラグ)が本体側、CL07D03A(ソケット)が付属5mケーブル側
標準付属品	防水コネクタ付きケーブルAWG20-3芯5m、タッピングネジSUS410軸細コーススレッド $\phi 3.2-4$ 本 $\phi 0.72-SUS304$ ワイヤー2m
特別付属品	六角棒レンチ3.0mm、六角棒レンチ1.5mm。1オーダーに付き1セットの付属品となります。
カスタムオーダー	ワイヤー長さ指定。ケーブル長さ指定。測定対象に応じたステー類のカスタム設計製作。

装着キット

ボールポイント六角ドライバー(1.5, 2.5, 3.0mm)
プラスドライバーNo2

Environmental Measurement Japan



日本環境計測株式会社
〒811-0215
福岡県福岡市東区高美台二丁目52番42号
電話：092-608-6412
FAX：092-985-7844
www.environment.co.jp

<取り付け方法基本編。幹周の測定>

デンドロメーターの取り付けは基本的には以下の手順で実施してください。但し下写真から90度反時計回りに設置して、鉛直方向の成長を計測する時や極端に曲がった樹木の計測時などは、プーリーの位置が下～横までの範囲にしてください。上にするとポテンションのベアリングに雨水が溜まり、不具合の原因になる恐れがあります。



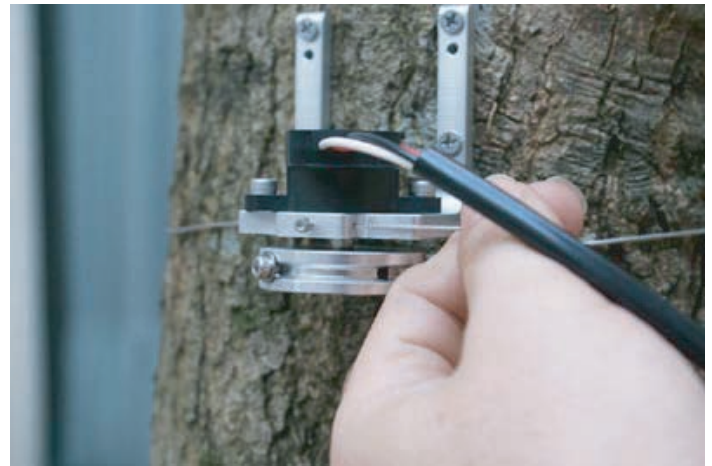
1. 胸高近辺でなるべく凹凸のない場所を選んで設置します。ワイヤーが通る位置も凹凸がないほうが良いです。タッピングスクリューをアームの穴4箇所からねじ込み、樹幹に固定します。
(作業に慣れてきたら、固定の前に3と5の作業を行っておくとワイヤーを通しやすいです。) プラスドライバーサイズNo2



4. プーリーが少し回転する程度にワイヤーを引きつつワイヤーストッパーのネジを締めます。強く締めすぎる必要はなく、指先だけの力で十分な締結になります。ワイヤーのストロークは十分ありますから、日本国内でしたらプーリーを40～45度程度回しても構いません。六角穴対辺1.5mm



2. ぐらつきが無く、固定できたか確認します。ステーはあえて多少の屈曲ができる太さに設計しています。幹表面にステーがなじみやすくするためです。タッピングスクリューで正しく固定したときは強固に幹に締結されます。幹が固い場合はビス2本でも良いでしょう。



5. ワイヤーストッパー-2にワイヤーを通します。



3. ワイヤを樹幹に対して右周りに一周させ、左から戻って来るワイヤの先端をワイヤーストッパーの穴に左側から通します。右側にもワイヤー通し穴があり、そこも通すとワイヤーを右から引きやすく、引き加減を調節しやすいです。



6. ワイヤーストッパー-2の役割は、計測範囲を超えた数年後にワイヤーのリセットを行う際のワイヤーの予備長さの確保と仮固定です。3&4で固定した場所を基点として10cmもあれば十分な予備長さと言えます。この理由から、ここのネジは適当な締め方で十分です。六角穴対辺1.5mm



7. ポテンショ固定ネジ2本をゆるめます。
六角穴対辺3.0mm



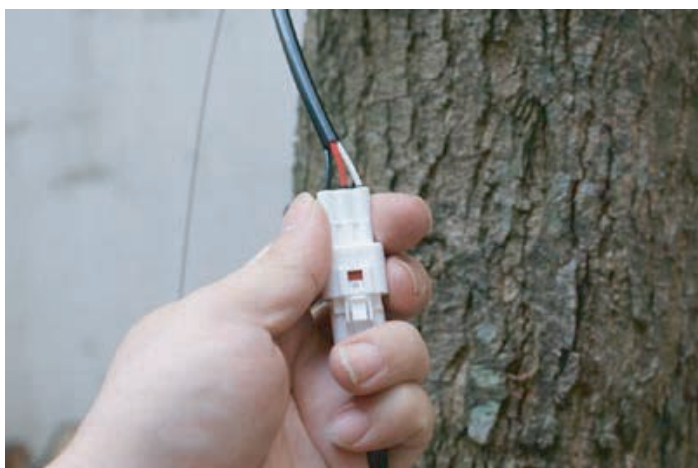
10. 全体を眺めて、デンドロメーターの固定、ワイヤーの位置
など確認、修正が必要ならそうしてください。この段階までに
ワイヤーが巻かれた場所の幹周をメジャーで計測しておいてく
ださい。解析時に必要になります。



8. ポテンショを10度回転させ、固定ネジ2箇所を締め込みます。
この操作でワイヤーに初期テンションを与えることができます。
ワイヤーのテンションの加減は4の操作と8の操作で決定されま
すので7と8の操作を行うか否かは任意に判断してください。



11. 余ったワイヤーは図のようにケーブルに沿わせたり、もしく
は切ってください。



9. 付属のコネクタ付き延長ケーブルを接続します。カチッという
音で確認してください。



12. 延長ケーブルをデータロガーに接続します。配線方法は次項
を確認してください。

<配線接続方法>

本デンドロメーターでは樹幹の変位の検出にロータリーポテンシオメータを使っています。ロータリーポテンシオメータとは回転角度を抵抗値の変化に置き換えるものです。ワイヤーの伸縮に応じてプーリが回転し、その回転角度が抵抗値の変化に現れます。抵抗値をデータロガーで直接読み取る事はできませんので、抵抗値を電圧に置き換えて記録する流れです。ここではその抵抗値から電圧に置き換える為の配線方法を示します。

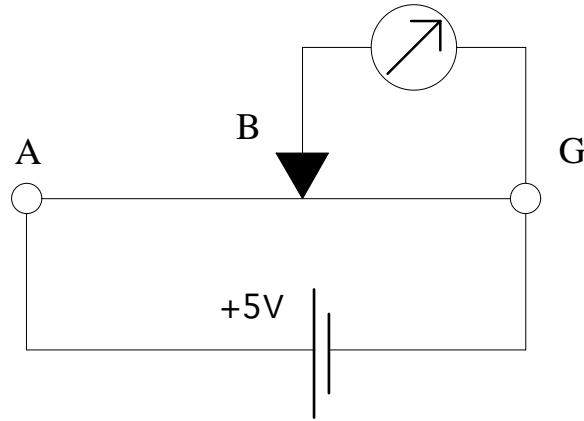


図1. MIJ-02型式の配線図

図中、A-G間はポテンシオの全抵抗、B-G間は変位に応じた可変抵抗を示します。つまりBはA~G間を動きます。一般的にデータロガーの測定レンジは5Vですから、A-G間に対してプレヒート電圧5Vを印可します。そのとき、B-G間は変位に応じて0~5Vで変化します。

例えば、MIJ-02型式の場合、BがAまで動いたとき5V、BがGの位置にあるとき0Vを示します。補足として、プレヒートが2Vのとき、それぞれ2Vと0Vになりますからプレヒート電圧に応じて出力電圧が変化することになり、プレヒート電圧に応じて出力が変化します。このことはレシオメトリックと呼ばれています。

ポテンシオや、抵抗などは一般的に温度特性という温度の変化で値が変化する特性を持っており、屋外で使用する機材でいつも問題になる部分でもあります。レシオメトリックではプレヒートさえ不変であれば、その出力は温度依存性を持っていないと言え、それは大きなメリットになります。同時にレシオメトリックはシングルエンド接続になりますので、データロガーの入力を最大限活用できると言うことにもなります。

レシオメトリックの一番の注意事項はプレヒート電圧の設定です。これが例えば、12Vを印可したとすれば、出力の最大値も12Vになりますから、ロガーの破損に繋がります。この点は注意願います。

補足として、B-G間の電圧を計測すれば樹幹が肥大に比例して電圧が大きくなりますが、A-B間の電圧を計測すれば肥大に反比例して電圧が小さくなります。

MIJ-02型式のピンアサインを示します。

配線色	役割	MIJ01ロガー	図1に対する意味
赤	プレヒート+	PRH+	A
黒	プレヒートグランド	PRH-G	G
白	電圧出力+	SE-1	B

次に得られた電圧から変位にコンバートします。以下の式を使ってください。

$$dL(\text{um})=29059.7(\text{um}) \times V_{\text{out}}(\text{V})/V_{\text{pre}}(\text{V})$$

dL 変位um
Vout 電圧出力
Vpre プレヒート電圧

MIJ-01の場合は、29059.7*X001/5000をPVSに入力するだけです。

MIJ-01データロガーを使う場合には、以下のリンクで設定ファイル、配線図をダウンロードしてお使いいただけます。

<http://www.environment.co.jp/product/Logger/WiringandSetting.html>

<ワイヤーの熱膨張係数と温度補正の方法>

ワイヤーはSUS304を使用しています。温度による伸縮が小さな素材、かつ腐蝕に強いという理由で選定しています。伸縮が少ないからと言ってゼロではありません。ここではその収縮を抑える工夫と収縮の補正方法を示します。仕様に記載の通り、SUS304の熱膨張係数は以下の通りです。

熱膨張係数 17.3×10^{-6}

この係数を使って、1mのワイヤーが温度によってどの程度膨張収縮するかを試算します。日本の場合、年間の温度の変化は約50度はありますからその数値を使って、

$1000\text{mm} \times 50\text{DEG} \times 17.3 \times 10^{-6}$
=0.865mm
=865 μm

成長の遅い樹幹だとすれば2mm/年程度が成長速度として想定できます。従来、複数のメーカーからデンドロメーターが販売されていますがワイヤーの温度補正まで考慮した、もしくは解説した市販品は見かけませんでした。この試算により、中緯度の範囲では無視できないことを理解頂けると幸いです。ただし熱帯では年較差が小さいので、あまり考えなくても良いことが多いです。

この温度によるワイヤー部分の誤差を補正するには、まず、日射が当たっている箇所と日陰の箇所の温度差を減らす為に、アルミ薄付きの断熱材アルミロールマット(多くのホームセンターに売ってます。)などを覆いとして装着してください。幅50mm程度、素材にゆとりがあればデンドロメータ本体丸ごと被うのも良いでしょう。空隙は有った方が通風に良いので、あまりきっちりと装着しない方が良い塩梅です。長さは幹周に合わせてカットして使います。断熱材の幹への固定は建築用のステープルや細い釘などを使うと良く、MAX T3-13S(ステンレス製ステープル肩幅12mm、足長さ13mm)と、高儀GISUKE パワーハンディタッカーPWHT-100の組み合わせなんか、電気、圧縮空気など不要で、かつ安価なほうなのでお奨めです。

次に、その断熱材の内部、ワイヤー近傍に温度センサーを設置してください。弊社製MIJ-LTP温度センサーなんか使いやすい点ではお奨めですが、ロガーが対応するなら熱電対でも十分です。0.1度はどうでも良い用途なので。

こうすることでワイヤー全体の熱環境を平均化し、ワイヤーの温度変化を記録できます。設置時の温度を基準に上記の式を用いて補正しましょう。補正は設置時にメジャーで測った幹周に、ロガーで計測した変位を足した長さ、つまり全ワイヤー長さに対して行います。

$$L_c = L + (L + dL) \times (T_m - T_r) \times 17.3 \times 10^{-6}$$

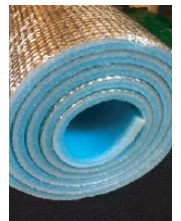
Lc 補正されたワイヤー長さmm
L 設置時の幹周mm
dL ロガーに記録された変位mm
Tr 設置時温度DEG
Tm ロガーに記録された温度DEG



タッカーのイメージ



ステープルのイメージ



断熱材のイメージ

計算例 (L=1000, dL=1, Tm=33, Tr=23)

$$L_c = 1000 + (1000 + 1) \times (33 - 23) \times 17.3 \times 10^{-6}$$

=1000.173mm

計算はロガーの記録値が0.1 μm が有効なので、その範囲で実施します。MIJ-01データロガーなどの演算機能が付帯したロガーを使う場合であっても、補正はエクセルなどで手計算の方がよいでしょう。デンドロメーターと温度センサーのいずれかにトラブルが生じて、少なくともどれかのデータが残る工夫、とにかく生データを保持しておくという事はいかなる場合も肝要だからです。

<得られたデータの解析の方向性>

デンドロメーターで計測するパラメータは植物の成長の変位でしかありません。他のパラメータとの相関を検証することが多いという理由からこの変位を直接的に1つのパラメータとして扱うことは少ないです。前項で計算したように変位の絶対値ではなく、幹周の成長速度として扱う事が多いです。そのため、メジャーでデフォルトの幹周を計測することが大事であり、その値は温度補正にも使いますし、成長速度を求める際にも使います。デフォルトが1000mmだったとして、前項のLcが1000.173mm、期間が1年とすれば、成長速度は $(1000.173 - 1000) / 1000 \times 100 = 0.01732\%$ /年となります。もちろん幹周ではなく体積成長速度で評価する事もあり、その辺は目的とセンスで決定してください。

< 取り付け方法応用編。鉛直方向の測定 >

本デンドロメーターは、取付姿勢を90度変えて幹に装着するだけで鉛直方向の成長速度の検出にも適用できる設計になっています。注意点は、プーリの位置が下～横までの範囲にしてください。上にとするとポテンショのベアリングに雨水が溜まり、不具合の原因になる恐れがあります



1. なるべく凹凸のない場所を選んで設置します。ワイヤーが通る位置も凹凸がないほうが良いです。タッピングスクリューをアームの穴2箇所(可能であれば4箇所)にねじ込み、樹幹に固定します。プラスドライバサイズNo2



3. ワイヤーの先端には裸圧着端子を装着するとタッピングスクリューが使いやすいです。お奨めはニチフR1.25-3あたりが良いでしょう。プラスドライバサイズNo2



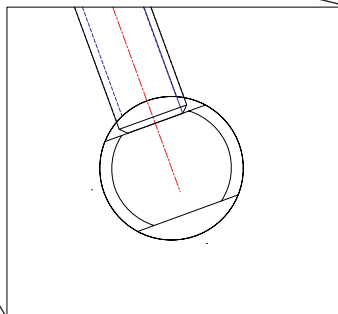
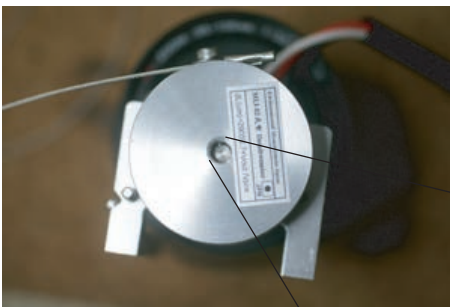
2. ワイヤーがプーリ溝の中央あたりを通過するようにワイヤー先端を固定します。

< ワイヤーの交換方法及び注意事項 >

ワイヤーを交換するときにはプーリストッパーをゆるめて実施します。ワイヤーとプーリの締結は1本の共通するネジ(M3-20、六角穴対辺2.5mm)を使用しています。このネジを取り外す必要はありません。ゆるめる程度で十分です。φ1.0mm以上のワイヤーを使用するときにはM3-20ネジをゆるめてワッシャーとプーリの間挟むだけで十分な締結が可能です。φ0.81mm以下のワイヤーを使用するときにはワイヤーのプーリ固定側の先端に裸圧着スリーブを装着してください。お奨めはニチフB0.5あたりが良いでしょう。

M3-20ネジを締結するときには、その角度に注意してください。ポテンショの回転軸の平らな部分にM3-20ネジの先端が鉛直に当たるように注意します。M3-20ネジは銘板と平行な角度に配置されていますので、銘板と回転軸の平らな部分が直角になる方向で、しっかりと締結してください。

ワイヤーをカットしたときは、ほつれの予防のために先端5mmほどをハンダ処理しましょう。市販のステンレス用フラックスを少しだけ塗り、ハンダ付けすれば完了です。上記スリーブ等を使う場所にはこの処理は不要です。



裸圧着スリーブ
ニチフB0.5

Environmental Measurement Japan



日本環境計測株式会社
〒811-0215
福岡県福岡市東区高美台二丁目52番42号
電話：092-608-6412
FAX：092-985-7844
www.environment.co.jp

< 補足1. 幹に装着後にワイヤーのストロークの残りを確認する方法>

MIJ-02式型の1つの大きな特徴は、プーリーを介してワイヤーの伸縮を検出する測定手法にあります。低トルクでロングストロークの検出を可能にする方法なのですが、幹に装着した後でワイヤーの伸縮代を確認しにくいデメリットがあります。ここではその確認方法を記述します。

図のようにプーリーに沿ってワイヤーは動きますが、その動きは直線的な動きから回転する動きに変換されています。有る程度のテンションをかけてワイヤーを固定している状況下で、その伸縮代を確認するにはノギスを用います。32.941mmと図示した直線距離がプーリーがデフォルトの状態に相当します。テンションをかけるとこの距離が短くなるのですが、この距離を実測することで、ワイヤーの伸縮代を計算できます。ワイヤーの溝の直径はφ37mmです。以下の段取りで計算します。

ワイヤーの全ストローク

$$37000 \times \pi \times 90 \text{Deg} / 360 \text{Deg} = 29059.7 \mu\text{m}$$

ネジの全ストローク

$$32941 \mu\text{m}$$

ワイヤーのストローク残量を確認するための計算例
(ネジのストロークが10000μmの場合)

$$29059.7 : 32941 = A : 10000$$

$$A = 10000 \times 29059.7 / 32941$$

$$= 8821.7 \mu\text{m}$$

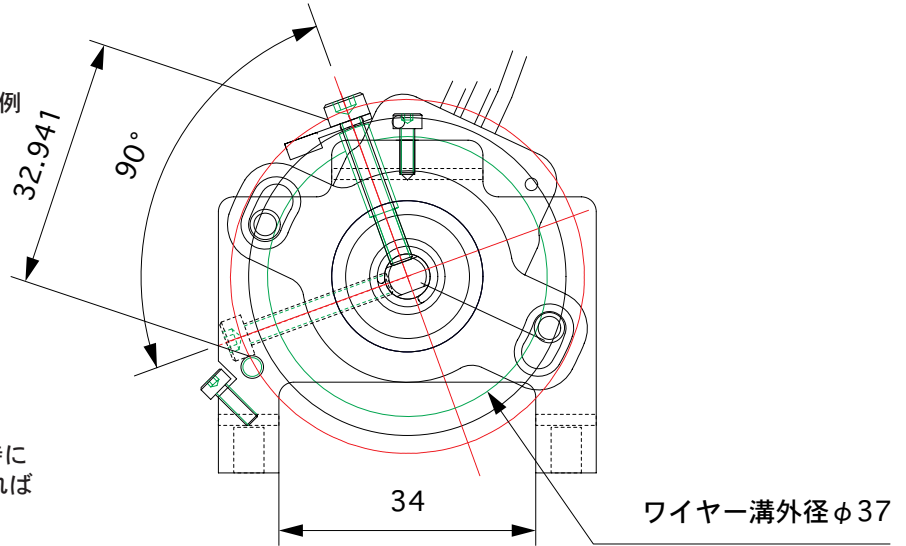
これが消費したストローク

残る伸縮代は

$$29059.7 - 8821.7$$

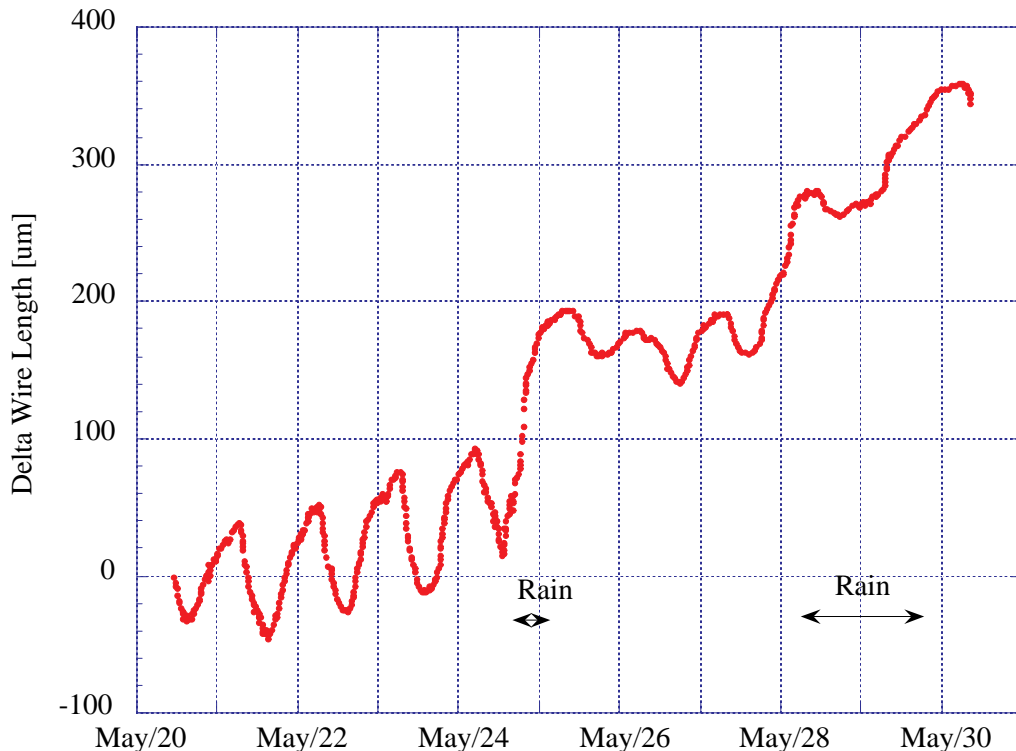
$$= 20238 \mu\text{m} \text{ になります。}$$

もう一つの方法は、出力を参照します。5V印加時に最大5Vを返すセンサーなので、出力が1Vだとすれば $(5-1)/5 \times 29059.7 (\mu\text{m}) = 23247.76 \mu\text{m}$ が、残る伸縮代と計算できます。



< 補足2. 降雨と幹周の関係>

雨が降ると湿度が上がリ、樹皮が吸水します。雨量が多いと樹幹流が発生し、それによっても樹皮が水を吸水します。樹皮の吸水に関する性質は樹種によって大きく異なるので、体積膨張の目安はありませんが、定性的な傾向は共通しています。幹の生長を計測するデンドロメーターの出力もこの影響を強く受けます。下の図はその一例を示した計測例です。通年を通して観測すると、日変化の変動量はどうでも良いという事になるのですが、日変化を重要視する研究の場合は、この影響が生長によるものなのか、樹皮の吸水膨張によるものなのか、判断が付きにくいです。このことから、デンドロメーターの設置個所に雨量計の設置や、樹幹流の計測なども考慮したほうが良いこともありますし、デンドロ及びそのワイヤーの上部に水切りを設置する方法も有効です。



Environmental Measurement Japan



日本環境計測株式会社
〒811-0215
福岡県福岡市東区高美台二丁目52番42号
電話：092-608-6412
FAX：092-985-7844
www.environment.co.jp