

取扱説明書

Rev 2.0
2019年2月



Based ON

User Manual:

True TDR-315, TDR315L & TDR-310S

(November 2017 Rev.6)

Edited & Copyright by:



1763 W. Marcon Ln., Ste. 175
Meridian, Idaho 83642

www.acclima.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/>

目次

1	はじめに	3
2	センサーの概要	4
2.1	概要と特徴	4
2.2	測定原理	4
2.3	仕様	5
3	配線方法	7
4	設置方法	8
5	計測方法	10
5.1	SDI アドレスの割り当て	10
5.2	計測コマンド	14
1	トラブルシューティング	18

1 はじめに

Acclima True TDR シリーズセンサ（以下、TDR-315L）は、工業標準である SDI-12 インターフェイスを使用して、データロガーまたは SDI-12 を備えたコントロールデバイスと通信することができます。

SDI-12 通信標準はデジタルシリアルデータ通信機器と 1200baud と、3 線のバスを介した ASCII 文字列通信のプロトコルです。

TDR-315L は SDI-12 のバージョン 1.4 に準拠しています。

バージョン 1.4 は 2017 年 11 月時点で最新の規格です。

※注意

本マニュアルは Acclima 社の取扱説明書(2017 年 11 月、Rev.6)を基に編集したものです。TDR 土壌水分センサーの仕様は予告なく変更される場合があります。最新の仕様については以下に示す Acclima の製品ページよりご確認ください。

<https://www.acclima.com/>

2 センサーの概要

2.1 概要と特徴

TDR-315Lはブレイクスルーテクノロジーにより、従来大型のシステム（例：C-TDR100）でしか可能ではなかった真のTDR測定方式を小型なセンサーの中に凝縮しました。

従来のTDR方式と言われる小型センサーは、実は簡略化した測定方式を採用していましたが、TDR-315Lは特許申請中の画期的TDR方式により、真の誘電率を測定をします。

C-CR1000 C-CR800、CR200Xなどのデータロガーや当社製のC-M1001 Handy 土壌水分モニター／ロガー等で計測を行うことができます。C-M1001 Handy 土壌水分モニター／ロガーでの計測方法についてはC-M1001 Handy 土壌水分モニター／ロガーの取扱説明書をご覧ください。本センサーはTDT方式の土壌水分センサーと同じように、メンテナンスフリーなので、長期間の連続観測が可能です。

土壌水分（体積含水率）だけでなく、土中の導電率(EC)、温度、誘電率が測定可能です。省電力かつ、コストパフォーマンスに優れているので、多点、無人観測にも適しています。

特徴

- 針状ロッドなので土中に差し込む事が出来る
- 土壌水分（体積含水率）だけでなく、土中の導電率(EC)、温度、誘電率が測定可能
- SDI 出力
- 精度が高く、長期安定性も高い
- 粘土質土壌、塩分の高い土壌でも測定可能
- 穀物の水分量測定への可能性
- みかけの誘電率(ϵ)を測定できるので土壌に合わせた独自の式($\epsilon - \theta$ 関係)も活用できる
- 旧タイプと比較してレスポンスが30%向上

2.2 測定原理

TDR(Time Domain Reflectometer system)：時間領域反射法)方式の土壌水分計で、電磁波がロッド先端から反射時間する時間が誘電率に比例することを利用します。

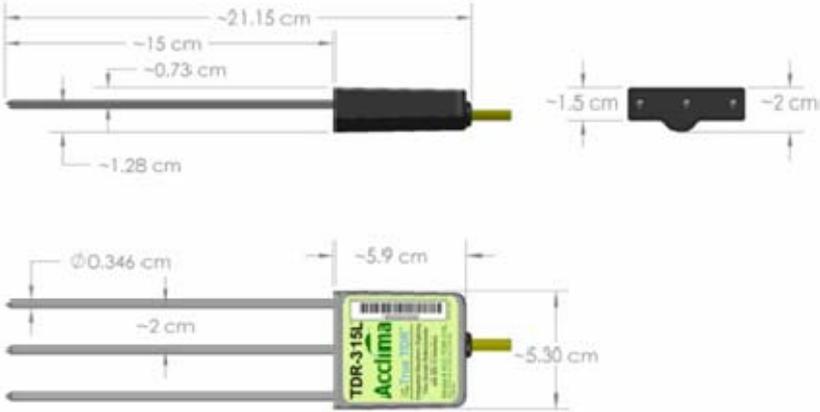
土壌水分はTOPPの式により、換算されます。このTDRセンサーは独自の方式により、広い温度範囲、塩分濃度の中で高精度に測定が可能になっています。

誘電率と導電率は温度により補正された値となっています。

ECは勾配最大点の勾配(MaxSlope)に基づいて独自の関係式によって計算されます。

2.3 仕様

		型式
		CACC-TDR-315L
測定範囲	体積含水率	0~100%
	導電率	0~5dS/m (0~5000 μ S/cm) ^{*1}
	温度	-20~50 $^{\circ}$ C
	誘電率	-
精度	体積含水率	\pm 2%
	導電率	\pm 0.1 dS/m (100 μ S/cm) \pm 2.5% ^{*1}
	温度	\pm 0.2 $^{\circ}$ C (0~50 $^{\circ}$ C)
	誘電率	\pm 2.5%FS
分解能	体積含水率	0.1%
	温度	0.1 $^{\circ}$ C
温度安定性 1-50 $^{\circ}$ C (体積含水率)		\pm 1%
EC 安定性 0-5dS/m (体積含水率)		\pm 2%
測定条件		温度：-20~+50 $^{\circ}$ C 導電率：0~5dS/m
測定体積		約 100cc
出力		SDI-12 (Ver.1.3)
有効測定波長		200G sample/sec
波形伝播分解能		空气中：1.5mm 水中：0.16mm
伝播波形波長範囲		3.5GHz
測定時間		SDI-12 コマンド 425ms
測定間隔		2分以上推奨 (2分以内は自己加熱のため温度が不正確になります)
動作温度範囲		-20~50 $^{\circ}$ C (保存温度：-20~70 $^{\circ}$ C)
電源 ^{*2}		6~15VDC
動作時消費電流 ^{*2}		動作時：170mA@6~15VDC (300mA@6VDC) 非動作時：31 μ A@12V 通信時：5mA
材質		304 ステンレス、エポキシ、ポリエチレン
大きさ		200L * 53W * 19H mm
重さ		440g (10m cable)
ケーブル長さ		標準 10m PVC 最大 60m (同じCポートに接続されたセンサーの合計は 610m 以下)

<p>土壌水分（体積含水率）の式</p>	<p>鈎物性土壌の土壌体積含水率θ_vとbulk誘電率(土壌誘電率)K_aの関係はTopp et al.(1980)の式を用いて以下のように実験的に表されます。</p> $\theta_v = -5.3 \times 10^{-2} + 2.92 \times 10^{-2} K_a - 5.5 \times 10^{-4} K_a^2 + 4.3 \times 10^{-6} K_a^3$ <p>上記の式を用いず自分で校正することも可能です。</p>
	

*1 水溶液中で測定された値になります。

3 配線方法

センサからは赤、青、白の3本の線が出ており、SDIバスに接続されます。
 赤は電源（正側）、青はSDI12信号、白は電源と信号の共通GNDとなります。
 外部電源を用いてSDIバスを構成する場合、電源GNDを信号GNDと必ず接続してください。

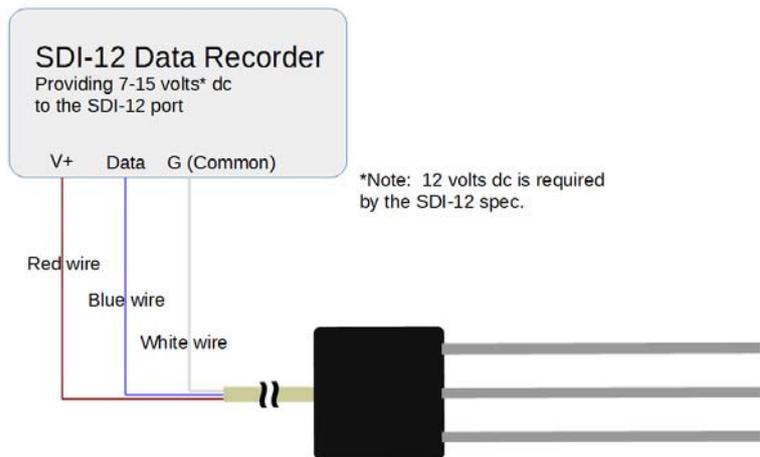


図 2-1 データロガー（CR1000、DataSnap 等）との接続

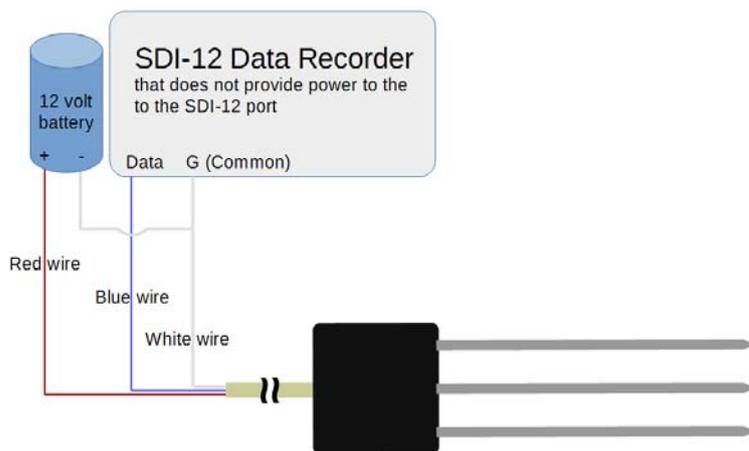
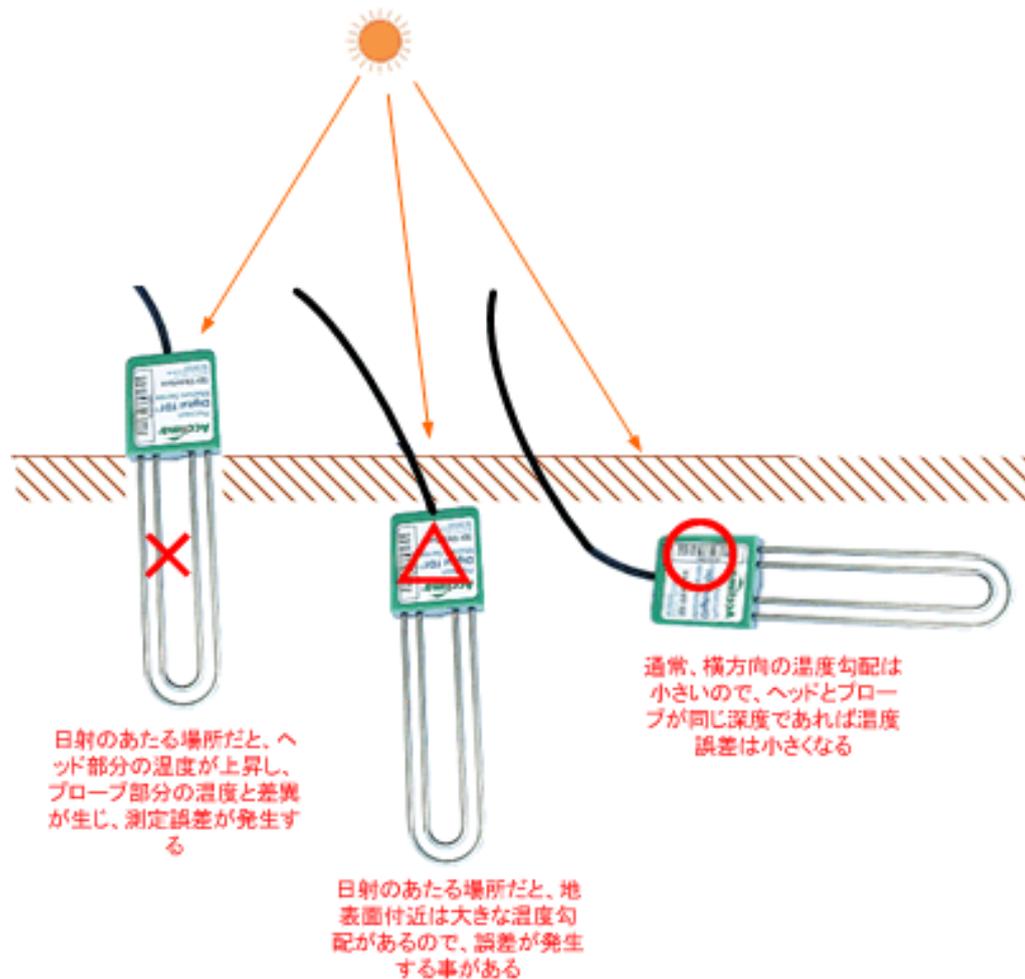


図 2-2 市販のSDI12インターフェイスを使ったPCとの接続

4 設置方法

推奨されるセンサの設置方法を以下に示します。



土壌の温度は、緑のヘッド部分で測定しています。

土壌水分は温度補正されますので、ヘッドとプローブは同じ温度環境になるように設置して下さい。

例) このセンサーを地表面の上から挿入、ヘッドのみ地上部に残り日射を受けると、プローブとヘッド部分の温度が著しく大きくなり、測定値に誤差が生じます。

※図は TDT センサですが TDR-315L も同様です

設置時の注意事項

- ・計測範囲(17×10×6cm)に空隙・根(特に径の大きいもの)・鉱物・金属(他のセンサ含む)が無きこと。
- ・センサ自体に土が密着すること(センサU字内にも空隙を作らないこと)
 - ※1:センサの隙間になるべく均一な土壌を入れ、計測範囲を回りの土壌と同じ密度にすること。
 - ※2:設置時は降雨後またはカルキ抜きした水で土壌を軟らかくしてからセンサの設置を推奨。
埋め戻し後も適度に水をかける。(カルキ抜きは、土壌微生物への影響を小さくするため)
- ・近くに電気ノイズを発生するものが無きこと。

===== 注意 =====

- ・設置後、土壌が安定するまでの期間はデータが安定しない場合があります。データのばらつきが無い、散水時に値が上昇する等、変動が安定した後のデータを使用してください。
- ・鉱物由来、導電率(EC)が高い土壌、土壌以外の物質で含水率は正常に計測できない事があります。
- ・土壌水分センサは、周辺環境の影響を受け易いセンサです。周辺の根や土壌構造によりデータに変動を及ぼされる事があります。定期的に土壌のサンプリングを行ない、土壌水分(絶対値)との比較を行なう事を推奨致します。

5 計測方法

5.1 SDI アドレスの割り当て

一つの SDI バス上に複数のセンサを配置することができますが、この場合センサの持つ SDI アドレスはそれぞれ別の値であることが必要です。

このセンサの SDI アドレスは工場出荷時、0 に設定されています。

もしバス上のセンサの数が 1 台のみならば、アドレス変更をせずに 0 のまま使用できます。

バス上に複数のセンサを配置する場合、個々の SDI アドレスが重複しないようアドレスを再割り当てしてください。

ご注文段階でアドレスを指定して頂ければあらかじめ割り当ててから出荷します。

アドレスとして使用できる文字は数字の[0-9]、小文字の[a-z]、大文字の[A-Z]となります。ただし使用する計測系により使用できる文字に制限があります。

センサの SDI アドレスの確認や変更を行うには SDI バスを通して SDI コマンドを送受信できる環境が必要です。

通常、計測・記録に用いるデータロガーに付随する通信機能を用いてセンサとの通信を行います。

以下にいくつかの接続例を紹介しますので参考にしてください。ただし、アドレス確認コマンドを使用する場合、バス上のセンサの数はその時だけは 1 台だけである必要があります。

例 1) 市販の SDI12 インターフェイスを使用して PC と接続する方法

前章 図 2-2 のように接続します。ターミナルソフトで SDI12 インターフェイスに割り当てられた COM ポートを開きます。SDI 側の通信速度は 1200bps となりますがインターフェイス内で変換してくれる場合があるのでご使用のインターフェイスの取扱説明書を確認してください。また、コマンド送信がやりやすいようローカルエコーや<cr><lf>付加などターミナルソフト側を適宜設定してください。

アドレス確認コマンドは、

?!

となります。センサからの応答は

a<cr><lf>

となります。a は現在センサに設定されているアドレスです。

アドレス変更コマンドは、

aAb!

となります。a は現在のアドレス、b は新しいアドレスです。コマンドが通ると、センサからは

b<cr><lf>

が返ります。以後センサは新しいアドレスにのみ反応します。

例2) データロガー(CR1000/800 など)、Loggernet 経由で接続する方法

データロガーとは 図3-1 のように接続します。

SDI バスのデータ線はデータロガーの C ポートの内 SDI 通信に割り当て可能なポート (詳細はデータロガーの取扱説明書を確認してください。) に接続します。

配線、電源投入完了後、Loggernet でデータロガーと接続します。

アドレス変更は以下の手順で行います。

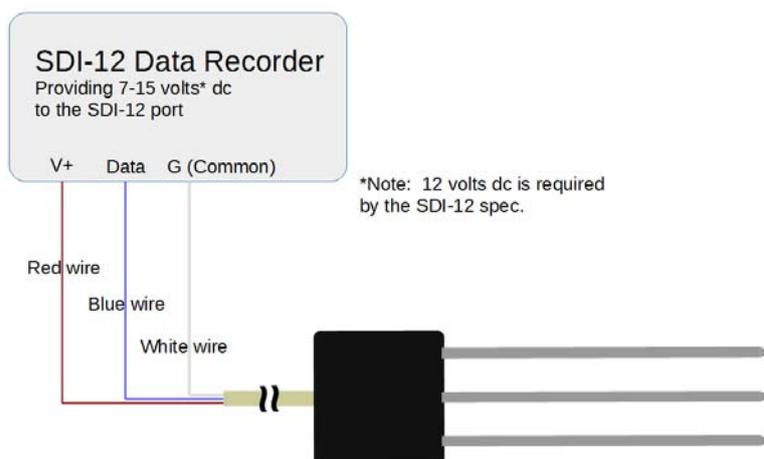
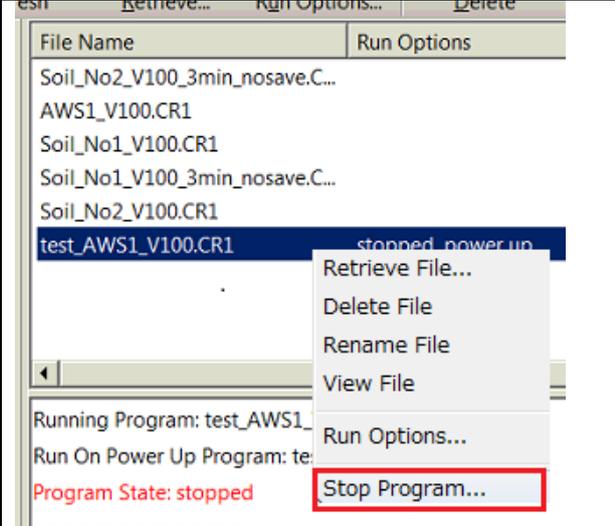
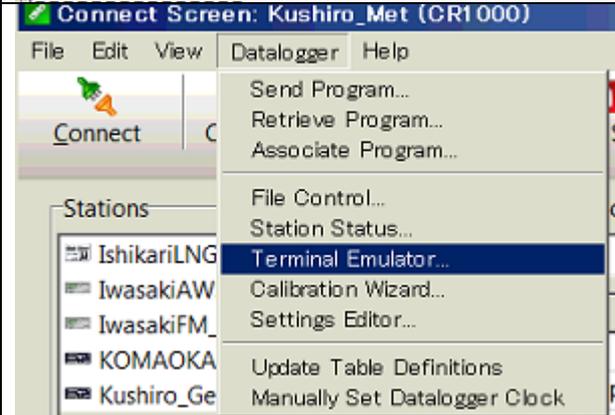
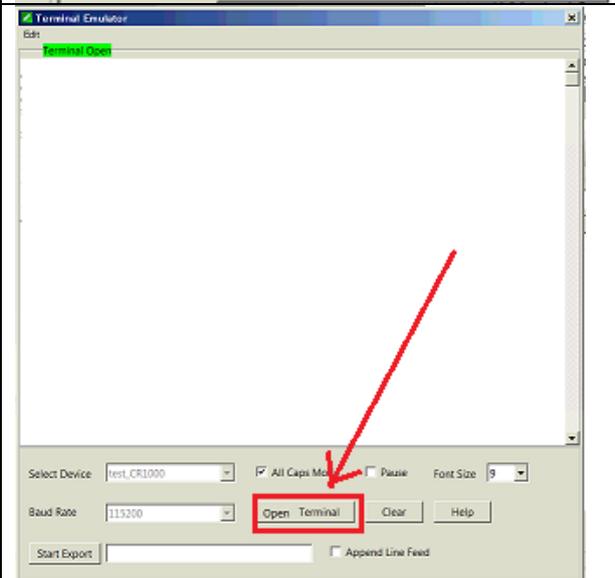
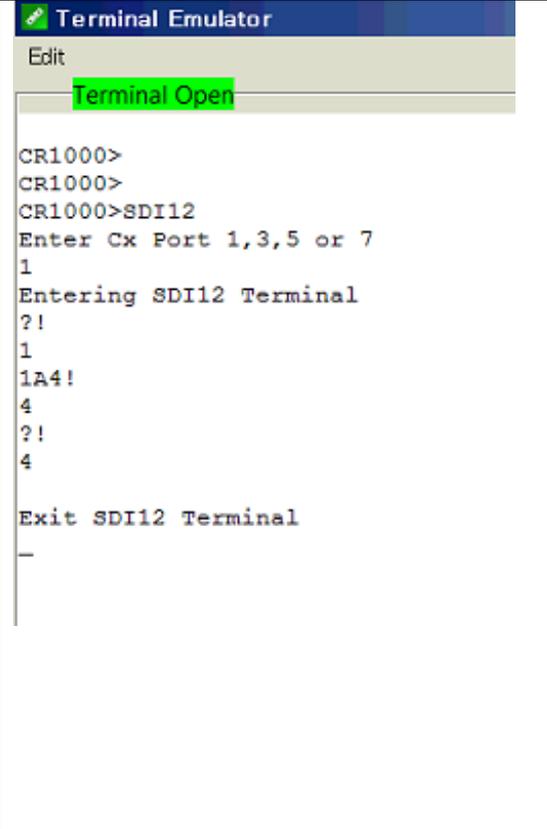
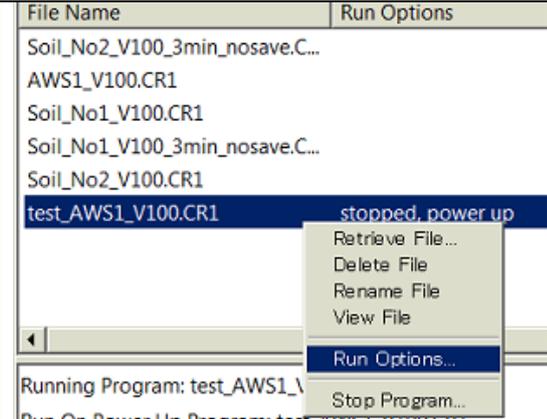
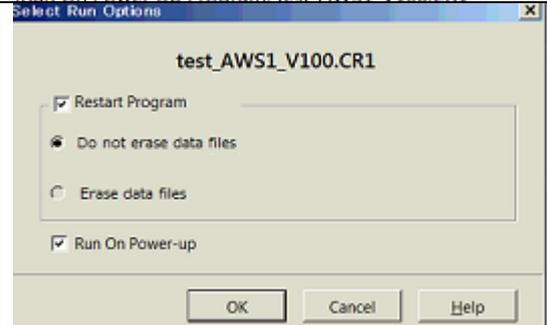


図 3-1 ロガーに TDT センサーを接続して SDI アドレスを割り振る場合の結線

データロガー経由 SDI のアドレス設定手順

	<p>① データロガーに接続します。 データロガーと LoggerNet、PC200W との接続については、別途取扱説明書をご覧ください。</p>
	<p>② SDI 設定中は、既存プログラムが動作していると、うまくできない場合があります。プログラムを消去するか、止めるため、ファイルコントロールを開きます。</p> <p>Connect→Datalogger→File Control</p>

	<p>③ 現在動作しているプログラムが、 running, power up と表示されているので、そのプログラムの上で マウスを右クリック、Stop Program を選択し ます。</p>
	<p>④ ターミナルエミュレータを開きます。 Connect→Datalogger→Terminal Emulator</p>
	<p>⑤ Open Terminal をクリックします。</p>

 <p>The screenshot shows a terminal window titled 'Terminal Emulator'. The text inside reads: 'Terminal Open', 'CR1000>', 'CR1000>', 'CR1000>SDI12', 'Enter Cx Port 1,3,5 or 7', '1', 'Entering SDI12 Terminal', '?!', '1', '1A4!', '4', '?!', '4', 'Exit SDI12 Terminal', and a blank line.</p>	<p>⑥ ターミナルエミュレータ内の操作何回か、Enter をおすと、 CR1000> または CR800> などと表示されます（ロガーに依存） 上記表示されたら、SDI12 と入力 CR1000> SDI12 Enter Cx Port 1,3,4 or 7 と聞いてくるので、接続しているCポートを選択。例の図3-1ではC1なので、1を入力。 Entering SDI12 Terminal と表示され、SDI12 コマンドが入力できるモードになります。 ここからは、SDI12 コマンドになります。 コマンドの後、Enter を押します</p> <p>?! ・・・現在のアドレス問い合わせ 1A4! ・・・アドレスを4に変更 時間がたつと、 Exit SDI12 Terminal と表示されるので、Close Terminal ボタンをクリックして、終了する。</p>
 <p>The screenshot shows a list of files in a 'File Name' column. The file 'test_AWS1_V100.CR1' is selected, and a context menu is open over it with options: 'Retrieve File...', 'Delete File', 'Rename File', 'View File', 'Run Options...', and 'Stop Program...'. The 'Run Options...' option is highlighted.</p>	<p>⑦ 再度ロガーのプログラムを動作させる ロガーのプログラムを再度起動します。 ②のファイルコントロールより、 Connect→Datalogger→File Control Stopped, power up と表示されているプログラムを右ボタンで、 Run Option を選択</p>
 <p>The screenshot shows a dialog box titled 'test_AWS1_V100.CR1'. It has three radio button options: 'Restart Program' (checked), 'Do not erase data files' (selected), and 'Erase data files'. There is also a checked checkbox for 'Run On Power-up'. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.</p>	<p>再スタートさせます Restart Program Do not erase data files Run ON Power-up を選択します。</p>

5.2 計測コマンド

計測コマンドには、「非並行測定コマンド」(M)と、「並行測定コマンド」(C)の二つがあります。両者とも、計測コマンドに対し下記のような応答を返します。

`atttn<CR>LF>`

ここで、`a`はセンサアドレス、`ttt`は計測完了までの秒数、`n`は返ってくるデータアイテムの個数を表しています。本センサーの場合、`n = 9`です。

非並行測定 (M)

非並行コマンドを使用する場合、データ記録装置は特定のセンサが測定を完了するまで待機してから、データを回収します。

センサーは、測定を終えると、データ記録装置にサービスリクエストコード(センサのアドレス"`a`")を送信します。

並行測定 (C)

同時並行コマンドを使用する場合、データが取り出せる状態になってもセンサはサービスリクエストコードを返しません。

データ記録装置は、ある一つのセンサが測定を行いデータを用意している間は、別のセンサと通信を行うことができます。データ記録装置が利用可能かつ、指示された測定時間が経過すると、データ記録装置はデータを検索します。

データの取り出し

要求された測定データを取り出すために、データ記録装置は「D0」コマンドをセンサに送信します。D0 コマンドは、以下の表の4つの測定項目を返します。

「a」はセンサーアドレスです。以下は、SDI-12 センサから得られるデータと、SDI-12 センサを取り出すために使用されるコマンドを示す表です。

データ名	コマンド	データ出力例	単位
体積含水率	aD0!	+25.03	%
地温	aD0!	+/-32.16	C
比誘電率	aD0!	+32.13	--
電気伝導度 (土壌)	aD0!	+1600	μS/m
電気伝導度 (土壌間隙水)	aD0!	+1700	μS/m

返されるデータの形式は次のとおりです。

$$a + 25.03 + 32.16 + 32.13 + 1.6 \langle CR \rangle \langle LF \rangle$$

返されるデータのの前には常にデバイスのアドレス a が付いています。各データ値の前には+および-の符号が付いています。単位は返されません。

それぞれのデータ文字列は<CR>と<LF>で終了します。

センサーの使用例

例 1：非並行コマンドを使用したセンサーの読み取り

この第 1 の例は、データ記録装置が、(1) 容積水分量、(2) 土壌温度、(3) 誘電率、および(4) 導電率の 4 つのデータ項目を得る方法を示します。以下の例ではデータ記録装置は非並列モードで動作します。つまり、このセンサが測定を完了して報告するまで、他のセンサと通信できません。

データ記録装置から以下のコマンドを送信します。

5M!

このコマンドは「測定開始」コマンドです。このコマンドの“5”は、コマンドに回答するセンサーのアドレスです。SDI-12 センサは一連の測定を開始します。センサは次のようにこのコマンドに即座に回答します。

50014 <CR> <LF>

この応答はセンサー (5) のアドレスと、読み取りを行うのに必要な秒数 (001 (1 秒))、各測定要求と共に返されるデータ項目の数 (4) を返します。センサーは測定を終了した後、サービスリクエストをデータ記録装置に送信します。

5 <CR> <LF>

サービスリクエストはセンサのアドレスにすぎません。次に、データ記録装置からデータ項目の最初のセットを取得するコマンドを送信します。

5D0!

要求される項目は、体積含水量、地温、誘電率、および伝導率です。このコマンドを受信すると、センサは次のように応答します。

5 + 25.03 + 32.16 + 32.13 + 1.6 <CR> <LF>

最初の 5 はセンサーのアドレスです。残りの文字列には、要求されたデータ項目が含まれます。それぞれの前には「+」または「-」の記号が付いています。

例 2：並行コマンドを使用したセンサーの読み取り

この例 2 は、データ記録装置が並行コマンドを使用して 4 つのデータ項目をセンサから取得する事例を示します。この例では、データ記録装置は並列モードで動作します。この場合、アドレス 5 のセンサーが測定を行っている間に他のセンサーを使用することができます。並行測定コマンドは、コマンドで M の代わりに C を使用します。同時測定を開始するコマンドは次のとおりです。

5C!

センサーはすぐに次のように応答します。

500104

同時コマンドでは、測定後にセンサはサービスリクエストを行いません。データ記録装置は、センサーが提供するタイミングの情報に依存しており、測定に要する時間が経つまで (この場合は 1 秒) データを要求しません。

次に、データ記録装置から 4 つのデータ項目を、非並列コマンドを使用した場合と全く同じ方法で要求します。

データ通信エラーチェック

これまで説明したすべての計測コマンドでは、エラーチェックが行われていないデータが要求され、データ記録装置によるデータの正しい受信を確認しています。SDI-12仕様では、計測コマンドで追加のコマンド文字“C”を使用してエラーチェックを行います。以下のコマンドをセンサに送信すると、**aMC!**または**aCC!**センサは、返されたデータの最後にCRCコードを付加します。このコードは、送信中にデータが変化した場合に、その変化をデータ記録装置で検出できるような方法でデータから生成されます。データ記録装置がデータの破損を検知すると、データ要求が自動的に繰り返されます。

検証コマンド

SDI-12仕様のセンサーは、センサの正常動作を確認するための特別なコマンドが必要です。Acclima社のセンサーに実装されているコマンドは次のとおりです。

1. データ記録装置から verify コマンドを送信します。

aV!

2. verify コマンドを受信すると、センサは次のように応答します。

attn

ここで、「a」はセンサーアドレス、「ttt」は検証読み取りに必要な時間、「n」は返されるデータ項目の数です。このコマンドの場合、ttt = 003 および n = 1 です。

3. センサーは3セットの測定値を読み取ります。

3つの測定値の伝播時間が保存され、比較されます。これらの伝播時間のいずれかが範囲外であるか、またはそれらが許容できない量だけ異なる場合、エラーが確認されます。センサーはサービスリクエストを送信します。

a

4. データ記録装置から、DO コマンドを送ります。

aDO!

センサーは以下の検証コードで応答します。

検証コード

Value	Codes
0	Sensor is good
1	VCC or internal voltage test
2	Test temperature sensor to see if too low
3	Test temperature sensor to see if too high
4	TPD Error
5	Span Error
6	Amp Error
7	Variance Test

6 トラブルシューティング

問題	解決方法
センサーからデータが得られない	<p>記録装置とセンサの配線を確認してください。</p> <p>白線は SDI-12 ポートのアース端子に接続します。</p> <p>青線は SDI-12 ポートのデータ端子に接続します。</p> <p>赤線は SDI-12V ポートの +端子または外部バッテリーの +端子に接続します。</p> <p>外部バッテリーを使用する場合、-端子は SDI-12 ポートのグランド端子に接続してください。</p>
データの回収ができない	<p>アドレスの競合がないことを確認してください。</p> <p>記録装置に接続されている他のすべてのデバイスを取り外します。使用しているコマンドに正しくセンサーアドレスを入力しているか確認してください。</p>
センサーと通信できない	<p>配線の確認</p> <p>電圧の確認</p> <p>アドレスの確認</p> <p>コマンドの見直し</p>
データの回収ができない/ パリティエラー	<p>アドレスの競合がないことを確認してください。</p> <p>他のすべてのデバイスを取り外して、もう一度読み込みを試みてください。</p> <p>センサまでのケーブルの長さが 60m を超えないようにしてください。</p>