

SDI-12 通信プロトコル

KN0014-00／2024 年 09 月 23 日／こがねさん(著)
<https://www.kumikomist.com/>

■目次

1. SDI-12 とは	2	4.3.6. Service Request (a<CR><LF>)	8
2. SDI-12 の特徴	2	4.3.7. Start Concurrent Measurement Command (aC!).....	9
3. 電気特性	2	4.3.8. Send Data Command (aD0! ... aD9!)....	10
3.1. シリアルデータライン	2	4.3.9. Additional Measurement Commands (aM1! ... aM9!)	12
3.2. インピーダンス	3	4.3.10. Additional Concurrent Measurement Commands (aC1! ... aC9!).....	12
3.3. 電源ライン	3	4.3.11. Start Verification (aV!)	12
4. 通信仕様	4	4.3.12. CRC	13
4.1. 使用可能な文字	4	4.3.13. 拡張コマンド	14
4.2. デバイスアドレス	5	4.3.14. 複数行のテキストを返す拡張コマンド	14
4.3. コマンド	5	4.4. 大容量コマンド	15
4.3.1. Acknowledge Active Command (a!)	6	4.4.1. High-Volume ASCII Command (aHA!)..	15
4.3.2. Send Identification Command (aI!)	6	4.4.2. High-Volume Binary Command (aHB!) 16	
4.3.3. Address Query Command (?!)	7		
4.3.4. Change Address Command (aAb!)	7		
4.3.5. Start Measurement Command (aM!).....	8		

■文書内の記号

	取り扱いにおける禁止事項（してはいけないこと）を示しています。		取り扱いにおける注記事項を示しています。
	取扱における指示事項（必ずしなければいけないこと）を示しています。		取り扱いにおけるポイントを示しています。

3.2. インピーダンス

SDI-12 デバイスのトランスミッターがオンの場合、その直流抵抗は 1000Ω より大きく 2000Ω より小さくしなければなりません。このインピーダンスにより、最大ケーブル長はデータラインに接続されているすべてのケーブルの静電容量によって決まります。

スタンバイモードを含め、SDI-12 デバイスのトランスミッターがオフの場合、接地に対する直流抵抗は $160k\sim 360k\Omega$ の範囲内でなければなりません。

SDI-12 センサーが 12V ラインを電源として使用しない場合、電源オフのときの GND に対するデータライン抵抗は $160k\sim 360k\Omega$ の範囲内でなければなりません。図 2 はこの等価回路を示しています。

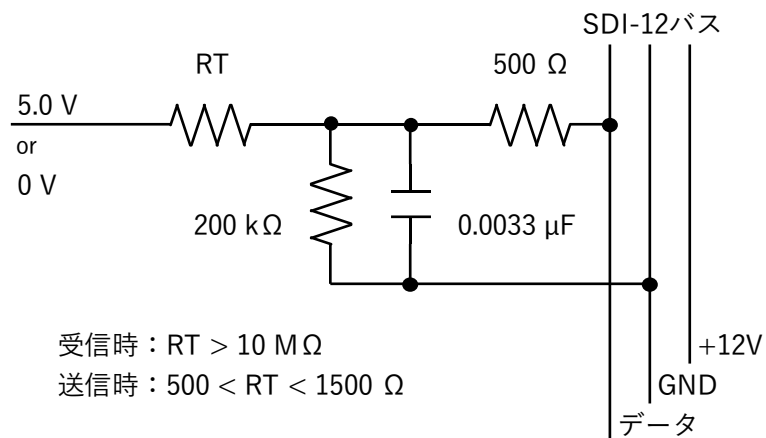


図 2 等価回路

3.3. 電源ライン

+12V は、 $9.6\sim 16V$ の範囲となります。

4. 通信仕様

通信はデータライン上を ASCII データをやり取りして行います。通信設定は表 2 のとおりです。

表 2 通信設定

項目	仕様
伝送速度	1200
データ長	7 ビット
ストップビット長	1 ビット
パリティ	偶数

- データライン上を 12 ミリ秒以上無通信状態が続くと、ブレーク状態となります。
- 各コマンドの最初の 1 文字が、レコーダーが通信する相手のセンサーを表します。
- 自身へのコマンドではないと判断すると、センサーは省電力モードに移行します。

4.1. 一般的な測定シーケンス

- (1) レコーダーはブレークを使用して、SDI-12 バス上のすべてのセンサーを起動します。
- (2) レコーダーはアドレスを指定して、特定のセンサーに測定を行うよう指示します。
- (3) 指定されたセンサーは 15 ミリ秒以内に応答し、測定データを準備するのに掛かる最大時間を返します。
- (4) 測定データをすぐに利用できる場合、レコーダーはセンサーに測定値を返すよう要求します。
測定に時間が掛かる場合、レコーダーはセンサーから測定完了の合図を待ちます。その後、レコーダーはセンサーに測定データを返すよう要求します。
- (5) センサーは測定データを返します。

4.2. 使用可能な文字

データラインを流れるデータは、印刷可能な ASCII 文字である必要があります。ただしこれには 3 つの例外があります。

- (1) コマンドの応答の最後は「CR (0Dh)」と「LF (0Ah)」で終わります。
- (2) CRC。
- (3) 大容量バイナリーコマンドによる応答。

4.3. デバイスアドレス

各コマンドの最初の文字はセンサーアドレスです。同様に、応答の最初の文字もアドレス。これによりレコーダーは、正しいセンサーからの応答であることを確認します。センサーアドレスに使用できる文字は、次のとおりです。

- 「0」：デフォルトのアドレスです。
- 「1」～「9」
- 「A」～「Z」
- 「a」～「z」

4.4. コマンド

すべてのレコーダーとセンサーは表 3 のコマンドをサポートする必要があります。

表 3 コマンドリスト

コマンド名	追加 ver.	コマンド	応答
Acknowledge Active		a!	a<CR><LF>
Send Identification		aI!	allccccccmmmmmmvvvxxx...xx<CR><LF>
Change Address	1.2	aAb!	b<CR><LF>
Address Query	1.2	?!	a<CR><LF>
Start Measurement		aM!	atttn<CR><LF>
Start Measurement and Request CRC ※1	1.3	aMC!	atttn<CR><LF>
Send Data		aD0! ... aD9!	a<values><CR><LF> or a<values><CRC><CR><LF>
Additional Measurements※1		aM1! ... aM9!	atttn<CR><LF>
Additional Measurements and Request CRC ※1	1.3	aMC1 ... aMC9!	atttn<CR><LF>
Start Verification ※1		aV!	atttn<CR><LF>
Start Concurrent Measurement	1.2	aC!	atttnn<CR><LF>
Start Concurrent Measurement and Request CRC	1.3	aCC!	atttnn<CR><LF>
Additional Concurrent Measurements	1.2	aC1! ... aC9!	atttnn<CR><LF>
Additional Concurrent Measurements and Request CRC	1.3	aCC1! ... aCC9!	atttnn<CR><LF>
Continuous Measurements	1.2	aR0! ... aR9!	a<values><CR><LF>
Continuous Measurements and Request CRC	1.3	aRC0! ... aRC9!	a<values><CRC><CR><LF>

※1 このコマンドはサービスリクエストに繋がる可能性があります。

以降の通信例において「R → S」はレコーダーからセンサーに送信するコマンド、「R ← S」はセンサーからの応答を表します。

4.4.1. Acknowledge Active Command (a!)

SDI-12 バス上にセンサーが存在しているかの確認に使用します。

表 4 通信例

送信方向	通信例
$R \rightarrow S$	$\emptyset!$
$R \leftarrow S$	$\emptyset\langle CR\rangle\langle LF\rangle$

4.4.2. Send Identification Command (al!)

センサーの SDI-12 互換性レベル、型式、ファームウェアバージョンなどを取得します。

表5 コマンド内容

コマンド		応答	
aI!		allccccccmmmmmvvvxxx...xxx<CR><LF>	
a	センサーアドレス。	a	センサーアドレス。
I	コマンド。	ll	対応する SDI-12 バージョン。「1.4」であれば「14」となります。
		cccccccc	8 文字でベンダーID を示します。通常は会社名の略称などを入れます。
		mmmmmm	6 文字でセンサー型式を示します。
		vvv	3 文字でセンサーバージョンを示します。
		xxx...xx	その他自由に使える最大 13 文字の領域です。

表 6 通信例

送信方向	通信例
R → S	0!
R ← S	013NRSYSINC1000001.2101<CR><LF> ↳ シリアル番号 ↳ センサーバージョン ↳ センサーの型式 ↳ 会社名 ↳ SDI-12 互換性バージョン ↳ センサーアドレス

4.4.3. Address Query Command (?!)

センサーのアドレスを確認します。

?コマンドを受けたすべてのセンサーは、自身のアドレスを返します。?コマンドはレコーダーとセンサーを 1 対 1 で接続した状態で使用する必要があります。複数台のセンサーを接続した状態で使用すると、応答が競合します。

表 7 通信例

送信方向	通信例
R → S	?!
R ← S	0<CR><LF>

4.4.4. Change Address Command (aAb!)

センサーのアドレスを変更します。

このコマンドに応答した後、センサーは 1 秒間他のコマンドに応答する必要はありません。その間にセンサーは、新しいアドレスを不揮発性メモリーに書き込みます。

表 8 コマンド内容

コマンド		応答	
aAb!		b<CR><LF>	
a	現在のセンサーアドレス。	b	変更後のセンサーアドレスです。
A	コマンド。		
b	変更後のセンサーアドレス。		

表 9 通信例

送信方向	通信例
R → S	0A1!
R ← S	1<CR><LF>

4.4.5. Start Measurement Command (aM!)

センサーに測定を行うよう指示します。

表 10 コマンド内容

コマンド		応答	
aM!		atttn<CR><LF>	
a	センサーアドレス。	a	センサーアドレス。
M	コマンド。	ttt	センサーが測定データを準備できるまでの時間[秒]です。 ● 「000」の場合、すぐに測定データを取得できます。 ● ttt 時間のカウントは応答を返してから開始します。 ● ttt 時間が経過する前に測定データを用意できた場合、レコーダーにサービスリクエストを送信します。
		n	D コマンドで測定データを返す数。[1 - 9]

表 11 通信例

送信方向	通信例
R → S	0M!
R ← S	00101<CR><LF>
	...
R ← S	0<CR><LF>

	● M コマンドを送信する場合、事前に他のセンサーとの通信をすべて完了させておく必要があります。また M コマンドの処理中、レコーダーは他のセンサーと通信してはいけません。これはセンサーが測定データを用意できたタイミングで、サービスリクエストを送信してくるためです。
	● サービスリクエストは「a<CR><LF>」です。（「4.4.6. Service Request (a<CR><LF>)」参照）

4.4.5.1. 測定の中止

センサーは M コマンドを受信してからサービスリクエストを送信するまでの間にブ레이크を検出すると、測定を中止する必要があります。

測定を中止した後に D コマンドを受信した場合、センサーアドレスに続いて<CR><LF>（または<CRC><CR><LF>）を返す必要があります。

4.4.6. Service Request (a<CR><LF>)

サービスリクエストはセンサーからの応答のみです。レコーダーからのコマンド送信はありません。

M コマンドにしたがい開始した測定が終了したとき、センサーはサービスリクエスト応答を行います。

4.4.7. Start Concurrent Measurement Command (aC!)

SDI-12 バス上のセンサーに対して、同時測定を行うためのコマンドです。C コマンドを受信したセンサーは、M コマンドを受信したときと同様に測定を開始します。しかし測定を完了してもサービスリクエストを返しません。このためレコーダーは、続けて次のセンサーへ C コマンドを送信することができます。

表 12 コマンド内容

コマンド		応答	
aC!		atttnn<CR><LF>	
a	センサーアドレス。	a	センサーアドレス。
C	コマンド。	ttt	センサーが測定データを準備できるまでの時間[秒]です。 ● 「000」の場合、すぐに測定データを取得できます。 ● ttt 時間のカウントは応答を返してから開始します。
		nn	D コマンドで測定データを返す数。

表 13 通信例

送信方向	通信例
R → S	0C!
R ← S	00101<CR><LF>

4.4.7.1.

同時測定中に有効なコマンドを受信した場合、センサーは同時測定を中止する必要があります。

測定を中止した後に D コマンドを受信した場合、センサーアドレスに続いて<CR><LF>（または<CRC><CR><LF>）を返す必要があります。

4.4.8. Send Data Command (aD0! ... aD9!)

センサーから測定データを取得します。

D0 コマンドは、M、MC、C、CC、V または HA コマンドの後に送信します。

表 14 コマンド内容

コマンド		応答	
aD0! (aD1! ... aD9!)		a<values><CR><LF> or a<values><CRC><CR><LF>	
a	センサーアドレス。	a	センサーアドレス。
D0 ... D9	コマンド。	<values>	測定データです。{pD.d} ● p : + or - ● D : 1~7 桁の値 ● d : 0~6 桁の値 ● データ値の最大桁数は、符号と小数点がない場合で 7 桁です。 ● 測定データの最大文字数は 9 です。(符号 + 7 桁 + 小数点) ● 複数の測定データを格納する場合があります。 ● 最大長は 35 文字または 75 文字です。同時実行コマンドまたは大容量 ASCII コマンドでの最大長は 75 文字となります。
		<CRC>	3 文字の CRC コードです。下記いずれかのコマンドを用いた場合に付加します。 ● MC ● MC1 ... MC9 ● CC ● CC1 ... CC9

	● D0 コマンドですべての測定データを受信できなかった場合、D1、D2 コマンドと順に送信します。
---	--

4.4.8.1. M コマンドの通信例

表 15 通信例 1

送信方向	通信例
R → S	1M!
R ← S	10001<CR><LF>
R → S	1D0!
R ← S	1+3.14<CR><LF>

表 16 通信例 2

送信方向	通信例
R → S	2M!
R ← S	20053<CR><LF>
	...
R ← S	2<CR><LF>
R → S	2D0!
R ← S	2+3.14+2.718+1.414<CR><LF>

表 17 通信例 3

送信方向	通信例
R → S	3M!
R ← S	30359<CR><LF>
	...
R ← S	3<CR><LF>
R → S	3D0!
R ← S	3+1.11+2.22+3.33+4.44+5.55+6.66<CR><LF>
R → S	3D1!
R ← S	3+7.77+8.88+9.99<CR><LF>

4.4.8.2. Continuous Measurements (aR0! ... aR9!)

シャフトエンコーダーなど、測定対象の現象を継続的に監視するセンサーには、測定開始 (M) コマンドは必要ありません。R コマンド (R0 ... R9) で直接読み取ることができます。この R コマンドの応答は、D コマンドと同じです。(「4.4.8.1. M コマンドの通信例」参照)

表 18 通信例

送信方向	通信例
R → S	1R0!
R ← S	1+3.14<CR><LF>



- センサーが R コマンドに対応していない場合、「a<CR><LF>」を返します。

4.4.9. Additional Measurement Commands (aM1! ... aM9!)

追加の M コマンド (M1...M9) はセンサーに対して異なる測定要求や、キャリブレーションを実行するよう指示するために用います。追加の M コマンドの応答は、M コマンドと同じです。D コマンドでデータを収集してください。

表 19 通信例

送信方向	通信例
R → S	0M1!
R ← S	00011<CR><LF>
	...
R ← S	0<CR><LF>
R → S	0D0!
R ← S	0+3.14<CR><LF>



- データのない追加の M コマンドを受信すると、センサーは「a0000<CR><LF>」を返します。

4.4.10. Additional Concurrent Measurement Commands (aC1! ... aC9!)

追加の C コマンド (C1...C9) はセンサーに対して異なる測定要求や、キャリブレーションを実行するよう指示するために用います。追加の C コマンドの応答は、C コマンドと同じです。D コマンドでデータを収集してください。



- データのない追加の C コマンドを受信すると、センサーは「a0000<CR><LF>」を返します。

4.4.11. Start Verification (aV!)

センサーの動作確認を行います。

本コマンドの応答は M コマンドと同じです。D コマンドで診断結果を得られます。

表 20 通信例

送信方向	通信例
R → S	0V!
R ← S	00011<CR><LF>
	...
R ← S	0<CR><LF>
R → S	0D0!
R ← S	0+1<CR><LF>

4.4.12. CRC

MC、CC、RC コマンドを使用した場合、D コマンドまたは R コマンドの応答に CRC が付加されます。CRC の計算は、パリティを付加する前の値に対して行います。またアドレスから CR の手前までのデータに対して計算を行います。その CRC の計算条件は下記のとおりです。

- 多項式：0xA001
- 初期値：0x0000
- 出力 XOR：0x0000
- シフト方向：右
- 入力反転：なし
- 出力反転：なし

上記計算により得られた 16 ビットの CRC を、次のように処理して 3 文字の<CRC>とします。

- 1 文字目：0x40 | (CRC >> 12)
- 2 文字目：0x40 | ((CRC >> 6) & 0x3F)
- 3 文字目：0x40 | (CRC & 0x3F)

例)

- (1) 「0+3.14」を CRC-16 計算すると「0xFC5A」となります。
- (2) 2 進数では「1111 1100 0101 1010」です。
- (3) 3 文字に分割すると「1111」「11 0001」「01 1010」となります。
- (4) 0x40 と OR を取り「0100 1111」「0111 0001」「0101 1010」です。
- (5) 結果<CRC>は「OqZ」となります。

表 21 通信例

送信方向	通信例
R → S	0MC!
R ← S	00001<CR><LF>
R → S	0D0!
R ← S	0+3.140qZ<CR><LF>

4.4.13. 拡張コマンド

これまで紹介してきたコマンドだけでは、キャリブレーションなどの制御が不十分である場合があります。このようなときのために、各社独自の拡張コマンドを用意している場合があります。

- 通常コマンドと同じく、センサーアドレスで始まり「!」で終わること。
- 通常応答と同じく、センサーアドレスで始まり<CR><LF>で終わること。
- コマンド名の先頭に「X」を付けることが推奨されています。現時点では仕様として明記されていませんが、将来仕様化される可能性があります。

4.4.14. 複数行のテキストを返す拡張コマンド

複数行のテキストを返す拡張コマンドの仕様です。

- テキストの開始に「STX (02h)」を、テキストの終わりに「ETX (03h)」を配置します。
- センサーアドレス、<STX>、<CR>、<LF>、<ETX>を除く各行のテキストは 75 文字以内であること。
- <CRC>を付加することはできません。
- 各テキスト行の送信間隔は 150 ミリ秒以内であること。次のテキスト行の最初の 1 ビットが 150 ミリ秒以内に受信されない場合、レコーダーはテキストの終わりと判断します。

表 22 通信例

送信方向	通信例
R → S	0XHELP!
R ← S	0<STX>This is the first line of text.<CR><LF>
R ← S	This is the second line of text.<CR><LF>
R ← S	This is the third and final line of text.<CR><LF><ETX>

4.5. 大容量コマンド

同時測定（C）コマンドを拡張して、センサーから最大 999 個のパラメーターを取得することが可能となります。

表 23 コマンドリスト

コマンド名	追加 ver.	コマンド	応答
High-Volume ASCII	1.4	aHA!	atttnnn<CR><LF>
High-Volume Binary	1.4	aHB!	atttnnn<CR><LF>

4.5.1. High-Volume ASCII Command (aHA!)

HA コマンドの C コマンドと比較した特徴は下記のとおりです。

- D コマンドは最大 999 まで指定できます。(aD0! ... aD999!)
- 「D」に続く数字に「0」を入れてはいけません。
- D コマンド応答の<values>の最大文字数は 75 文字です。
- D コマンドの応答には必ず<CRC>が付きます。

表 24 通信例

送信方向	通信例
R → S	0HA!
R ← S	0045012<CR><LF>
R → S	1CC!
R ← S	101504<CR><LF>
R → S	1D0!
R ← S	1+1.23+2.34+345+4.4678Ko0<CR><LF>
R → S	0D0!
R ← S	0+1.234-4.56+12354-0.00045+2.223+145.5+7.7003+4328.8+9+10+11.433+12Ba]<CR><LF>

4.5.2. High-Volume Binary Command (aHB!)

大容量バイナリー測定により、ASCII 転送より効率的に大量のデータを収集できます。

- D コマンドではなく、DB コマンドでバイナリデータを取得します。(aDB0! ... aDB999!)
- DB コマンド応答にはパリティは付きません。
- 1 度の DB コマンドの応答内は、すべて同一のデータタイプです。
- マルチバイトのバイナリーデータは、最下位バイトから順に送信します。

表 25 DB コマンド応答のデータパケット

アドレス	パケットサイズ	データタイプ	バイナリーデータ	CRC
ASCII	バイナリー データ長	表 26 参照	測定データ	
1 バイト	2 バイト	1 バイト	1000 バイト以下	2 バイト

表 26 データタイプ

データタイプ	レンジ	サイズ
0	無効な要求	データなし
1	-128 ~ 127	8 ビット符号あり整数
2	0 ~ 255	8 ビット符号なし整数
3	-32,768 ~ 32,767	16 ビット符号あり整数
4	0 ~ 65,535	16 ビット符号なし整数
5	-2,147,483,648 ~ 2,147,483,647	32 ビット符号あり整数
6	0 ~ 4,294,967,295	32 ビット符号なし整数
7	-9,223,372,036,854,775,808 ~ 9,223,372,036,854,775,807	64 ビット符号あり整数
8	0 ~ 18,446,744,073,709,551,615	64 ビット符号なし整数
9	$\pm 1.18 \times 10^{-38} \sim \pm 3.4 \times 10^{38}$	IEEE 32 ビット浮動小数点数
10	$\pm 2.23 \times 10^{-308} \sim \pm 1.80 \times 10^{308}$	IEEE 64 ビット浮動小数点数

表 27 通信例

送信方向	通信例
R → S	1HB!
R ← S	1005004<CR><LF>
R → S	1DB0!
R ← S	0x31 0x04 0x00 0x03 0xFF 0xFF 0x01 0x00 0xC2 0xAC
R → S	1DB1!
R ← S	0x31 0x08 0x00 0x09 0xC3 0xF5 0x48 0x40 0x00 0x00 0x80 0x3F 0x3B 0x6E
R → S	1DB2!
R ← S	0x31 0x00 0x00 0x00 0x0E 0xFC