

# IAR Embedded Workbench®

## IAR デバッグプローブガイド

I-jet®、I-jet Trace、I-scope™

Advanced RISC Machines Ltd's

**ARM®** コア



## 著作権事項

© 2012–2015 IAR Systems AB.

本書のいかなる部分も、IAR システムズの書面による事前の同意なく複製することを禁止します。本書で解説するソフトウェアは使用許諾契約に基づき提供され、その条項に従う場合に限り使用または複製できるものとします。

## 免責事項

本書の内容は予告なく変更されることがあります。また、IAR システムズは、その内容についていかなる責任を負うものではありません。本書の内容については正確を期していますが、IAR システムズは誤りや記載漏れについて一切の責任を負わないものとします。

IAR システムズおよびその従業員、契約業者、本書の執筆者は、いかなる場合でも、特殊、直接、間接、または結果的な損害、損失、費用、負担、請求、要求、およびその性質を問わず利益損失、費用、支出の補填要求について、一切の責任を負わないものとします。

## 商標

IAR Systems、IAR Embedded Workbench、C-SPY、C-RUN、C-STAT、visualSTATE、Focus on Your Code、IAR KickStart Kit、IAR Experiment!、I-jet、I-jet Trace、I-scope、IAR Academy、IAR、および IAR Systems のロゴタイプは、IAR Systems AB が所有権を有する商標または登録商標です。

Microsoft および Windows は、Microsoft Corporation の登録商標です。

ARM および Thumb は、Advanced RISC Machines Ltd の登録商標です。EmbeddedICE は Advanced RISC Machines Ltd の商標です。OCDemon は Macraigor Systems LLC の商標です。uC/OS-II および uC/OS-III は Micrium, Inc. の商標です。CMX-RTX は CMX Systems, Inc. の商標です。ThreadX は Express Logic の商標です。RTXC は、Quadros Systems の商標です。Fusion は、Unicoi Systems の商標です。

Adobe および Acrobat Reader は、Adobe Systems Incorporated の登録商標です。

その他のすべての製品名は、その所有者の商標または登録商標です。

## 改版情報

第 2 版 : 2015 年 9 月

部品番号 : IARprobes-2-J

内部参照 : IMAE

# 目次

I-jet .....	5
<b>概要</b> .....	5
I-jet インサーキットデバッグプローブ .....	6
要件 .....	7
サポートされている ARM コアファミリ .....	7
ターゲット接続 .....	8
<b>I-jet の操作</b> .....	8
設定とインストール .....	8
ターゲットシステムの接続 .....	9
プローブファームウェアの更新 .....	9
<b>技術仕様</b> .....	14
I-jet パッケージ .....	14
モデル仕様 .....	14
JTAG タイミング仕様 .....	16
ハードウェアのレビジョン履歴 .....	17
ターゲットインタフェース .....	18
インジケータ .....	21
アダプタ .....	22
I-jet Trace .....	33
<b>概要</b> .....	33
I-jet Trace インサーキットデバッグプローブ .....	33
要件 .....	34
ターゲット接続 .....	35
<b>I-jet Trace の操作</b> .....	35
設定とインストール .....	35
ターゲットシステムの接続 .....	36
トレースの使用 .....	37
プローブファームウェアの更新 .....	37
<b>技術仕様</b> .....	37
I-jet Trace パッケージ .....	37

モデル仕様 .....	38
ハードウェアのレビジョン履歴 .....	39
コネクタ .....	39
インジケータ .....	40
<b>I-scope</b> .....	43
<b>概要</b> .....	43
I-scope を使用する理由 .....	43
I-scope プローブ .....	43
I-scope を使用した電流および電圧測定 .....	44
<b>I-scope の操作</b> .....	46
インストール .....	46
<b>技術仕様</b> .....	47
I-scope パッケージ .....	47
外部の特徴 .....	48
I-scope プローブの仕様 .....	49

# I-jet

この章では、I-jet インサーキットデバッグプローブについて説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- 概要
- I-jet の操作
- 技術仕様

---

## 概要

このセクションでは、I-jet インサーキットデバッグプローブの概要について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- I-jet インサーキットデバッグプローブ
- 要件
- サポートされている ARM コアファミリ
- ターゲット接続

## I-JET インサーキットデバッグプローブ

I-jet はインサーキット デバッグ プローブで、JTAG または SWD 接続を介してターゲットボードに接続し、USB ポート経由でホストコンピュータに接続します。



I-jet は USB 2.0 を通じてコミュニケーションを行います。USB 1.0 にも対応していますが、お勧めしません。I-jet インサーキットデバッグプローブは、

ツールベンダによってはデバッグプローブ、デバッグアダプタ、JTAG インサーキットエミュレータなどと呼ばれています。



I-jet は、リアルタイムでプログラムの実行をよりよく把握するために、プログラムカウンタや変数、電力測定データをホストコンピュータに連続で提供します。一般的な JTAG デバッグのほかに、I-jet にはターゲットボードに電源を供給し、リアルタイムでプログラムを実行中に十分な精度で電力プロファイルを提供する機能があります。この機能を *Power デバッグ* といいます。

Cortex デバイスをデバッグするために、I-jet は SWO (Serial Wire Output) をサポートしています。これは、プログラムの実行をトレースし、コードに事前定義されたポイントで変数を追跡するときに使用できます。

## 要件

I-jet は、IAR Embedded Workbench® IDE に付属の IAR C-SPY® デバッガにより制御される必要があります。

## サポートされている ARM コアファミリ

以下のコアが現在サポートされています。

- ARM7
- ARM9
- ARM11
- Cortex-M
- Cortex-R
- Cortex-A

## ターゲット接続

以下のインタフェースがサポートされています。

- MIPI-20（部品番号 FTSH-110-01-L-DV）：JTAG、SWD、SWO、ETM
- MIPI-10（部品番号 FTSH-105-01-L-DV）：JTAG、SWD、SWO
- ARM-20（部品番号 HTST-110-01-L-DV）：JTAG、SWD、SWO

I-jet には前面パネルに MIPI-20 コネクタがあるほか、MIPI-20 と MIPI-10 ケーブル、さらに旧型の ARM-20 アダプタも付いています。

入手可能な他のすべての I-jet アダプタは、I-jet Trace と互換性があります。

---

## I-jet の操作

このセクションでは、I-jet の操作について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- 設定とインストール
- ターゲットシステムの接続
- プローブファームウェアの更新

I-jet を使用したデバッグの詳細は、『*ARM 用 C-SPY® デバッグガイド*』を参照してください。

### 設定とインストール

#### ソフトウェア

I-jet を使用する前に、ARM 用 IAR Embedded Workbench をインストールする必要があります。

#### プローブの設定

I-jet では、特殊なドライバソフトウェアをインストールする必要はありません。I-jet のすべてのドライバは通常、IAR Embedded Workbench の一部として自動的にインストールされます。

USB ドライバを手動でインストールする必要がある場合、`¥Program Files¥IAR Systems¥Embedded Workbench x.x¥arm¥drivers¥jet¥USB¥32-bit` または `64-bit`（使用するシステムに応じて異なります）に移動します。dpinst.exe アプリケーションを起動します。こうすることで、USB ドライバがインストールされます。

同じホストコンピュータ上における複数の I-jet プローブの使用については、『*ARM 用 C-SPY® デバッグガイド*』を参照してください。



## ターゲットシステムの接続

### I-jet プロープの起動

- 1 USB マイクロケーブルを使用して、I-jet をホストコンピュータに接続します。
- 2 ターゲットボードのコネクタ (MIPI-20 または MIPI-10) に合うケーブルを使用して、I-jet をターゲットボードに接続します。標準の JTAG コネクタを使用する場合、ARM-20 を MIPI-20 アダプタに差し込んでから JTAG コネクタに接続する必要があります。

注：上記の順序が逆になっても問題はありません。



破損を防ぐには、ターゲット GND と USB ホストの GND が同じレベルにある必要があります。ホットプラグの状態にあるときは、PC とターゲットボードの電源が同じ接地されたコンセントまたは共通の接地されたデスクトップ電源コードに接続されているようにしてください。

注：同じホストコンピュータ上で複数の I-jet プロープを使用することは可能ですが、ARM 用 IAR Embedded Workbench® のインスタンスを複数実行する必要があります。

### 評価ボードの起動

評価ボードの準備ができている場合は、標準の ARM-20 コネクタの 19 ピン、または MIPI-20 コネクタの 11/13 ピンから I-jet を介してボードを起動できます。I-jet から過電流防止の状態、最高 420 mA までターゲットに電源を供給できます。ほとんどの IAR システムズの評価キットには、この方法で電源を供給可能な評価ボードが含まれています。これらのボードのほとんどにある電源ジャンパーが、使用する設定に合っているか確認してください。

注：[ダウンロードしてデバッグ] または [ダウンロードせずにデバッグ] コマンドを選択すると、ターゲットボードに I-Jet 経由で電源が供給されますが、それまでは電源は入りません。

注：Power デバッグ機能を使用する唯一の方法は、I-jet を介して評価ボードに電源を供給することです。

### プローブファームウェアの更新

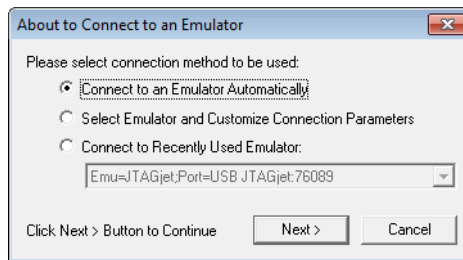
I-jet と I-jet Trace は、ARM 用 IAR Embedded Workbench に追加された新しい機能が追加のハードウェアサポートを必要としない限り、ファームウェアの更新が不要のように設計されています。ARM 用 IAR Embedded Workbench の新バージョンがリリースされて、新しいファームウェアが必要な新機能を使用する場合、C-SPY は [デバッグログ] ウィンドウを表示し、ファームウェアの更新を促します。

**注:** 新しい MCU デバイスのサポートは、ARM 用 IAR Embedded Workbench においてソフトウェアのアップデートにより完全に管理され、I-jet や I-jet Trace のファームウェアとは何ら関係がありません。

ファームウェアのバージョンについては詳しくは、リリースノートを参照してください。

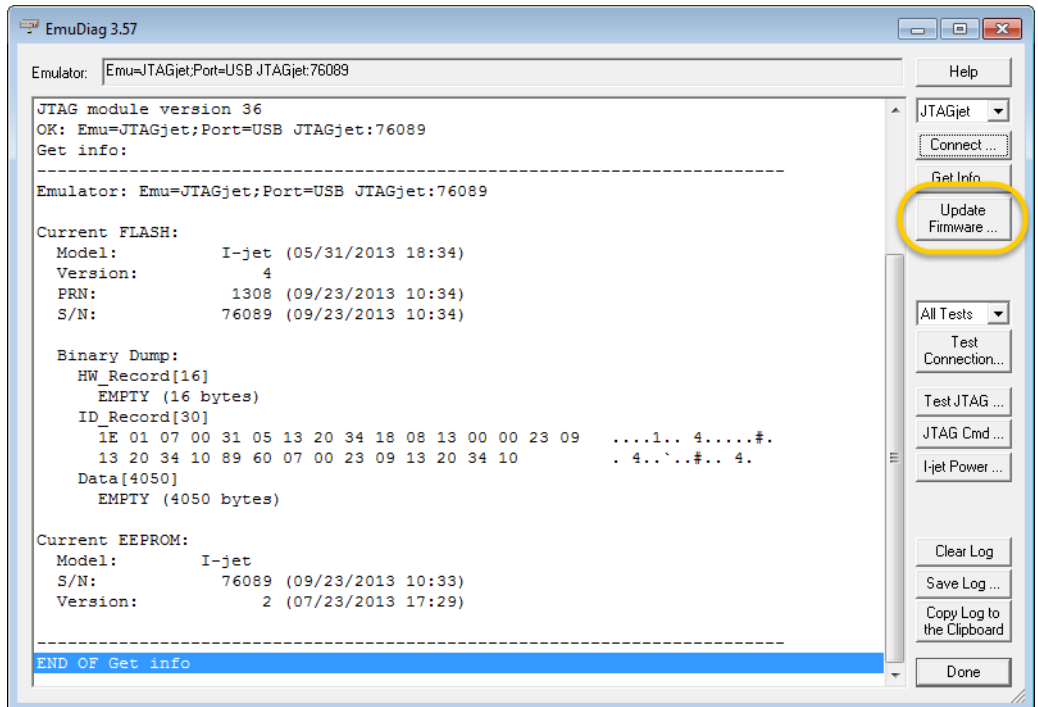
プローブファームウェアを更新するには次の手順に従います:

- I IAR Embedded Workbench で、**[I-jet/JTAGjet]>[EmuDiag]** を選択して **[エミュレータへの接続について]** ダイアログボックスを表示します。

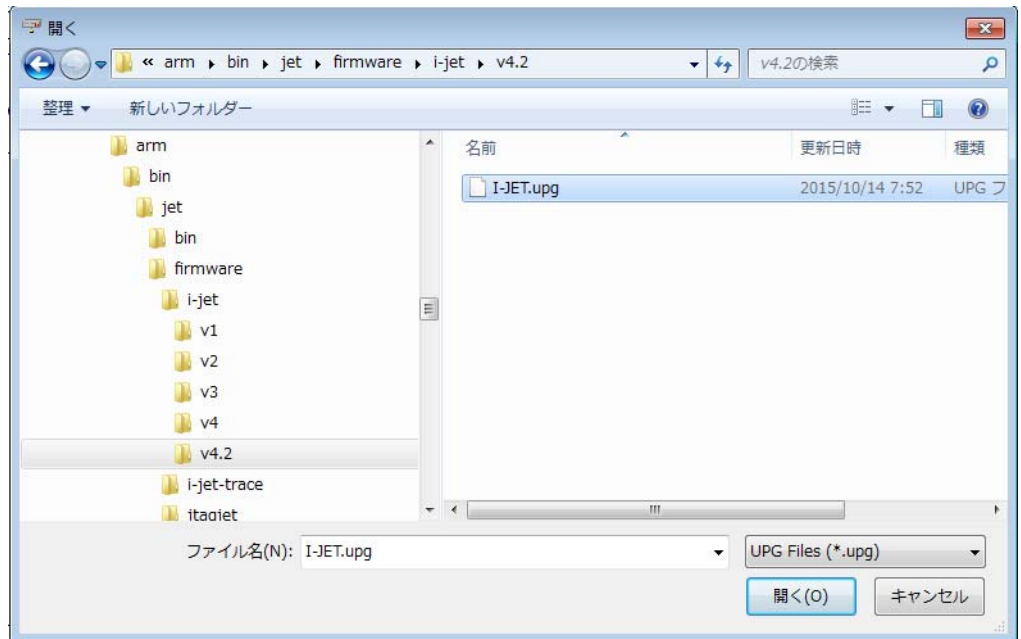


**[エミュレータに自動的に接続する]** を選択して **[次へ]** をクリックします。

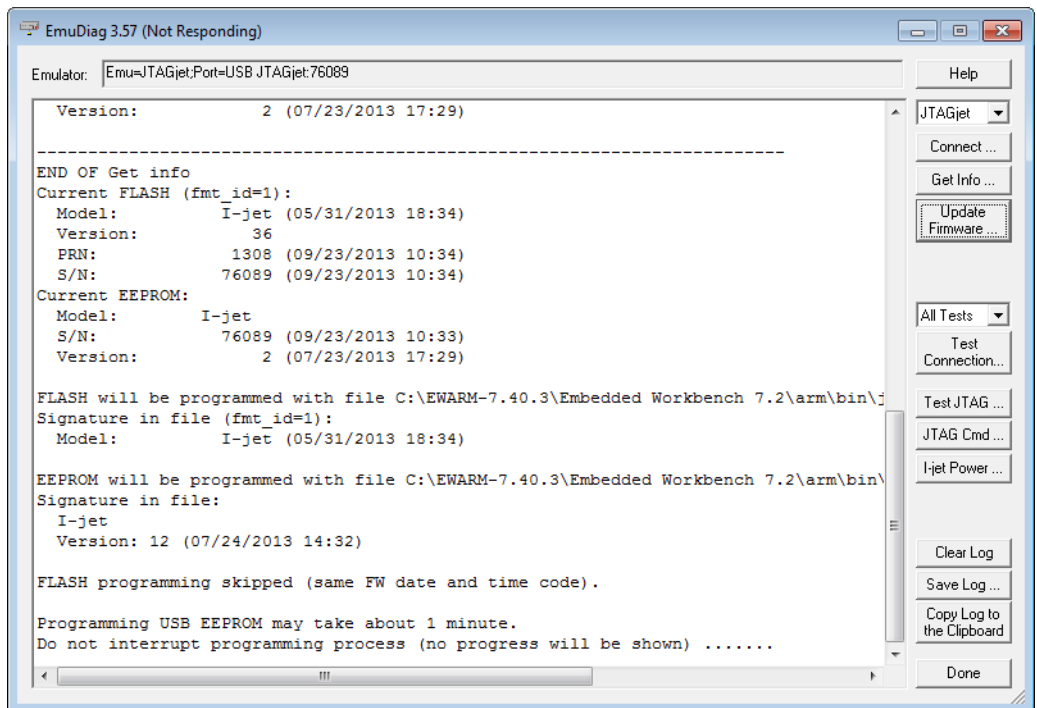
- 表示される [EmuDiag] ダイアログボックスで、[ファームウェアの更新] ボタンをクリックします。



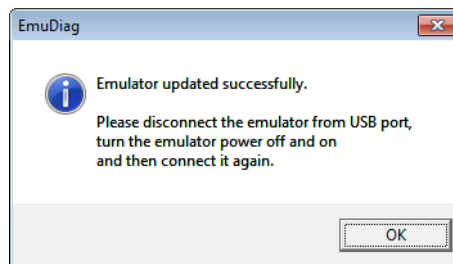
- 表示されるダイアログボックスで、IAR Embedded Workbench のインストールの arm\bin\jet\firmware\i-jet フォルダを参照します。いずれかのサブフォルダで、使用するファームウェアのファイルを選択して **【開く】** をクリックします。



4 更新ログ情報が [EmuDiag] ダイアログボックスに表示されます。



5 ファームウェアの更新が完了するとメッセージが表示されます。



## 技術仕様

このセクションでは、I-jet インサーキットデバッグプローブの技術仕様について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- I-jet パッケージ
- モデル仕様
- JTAG タイミング仕様
- ハードウェアのレビジョン履歴
- ターゲットインタフェース
- JTAG/SWD — MIPI-20 ケーブル
- JTAG/SWD — MIPI-10 ケーブル
- インジケータ
- アダプタ

### I-JET パッケージ

I-jet パッケージの内容は以下の通りです：

- I-jet インサーキットデバッグプローブ
- MIPI-20 JTAG ケーブル
- MIPI-10 JTAG ケーブル
- USB マイクロケーブル
- MIPI-20 - ARM-20 アダプタ
- 挨拶状。

### モデル仕様

I-jet の仕様は以下のとおりです。

<b>USB の速度</b>	480 Mbps (USB 2.0)
<b>USB 接続</b>	Micro-B
<b>ターゲット接続</b>	MIPI-20、MIPI-10
<b>アダプタ付属</b>	MIPI-20 - ARM-20
<b>I-jet デバッグインタフェース</b>	JTAG と SWD
<b>JTAG/SWD 最大クロック</b>	32 MHz
<b>サポートされている SWO プロトコル</b>	Manchester と UART

<b>SWO 最大速度</b>	60 Mbps
<b>ターゲットに供給される電力</b>	最大 420 mA (4.4 V-5 V 時)
<b>過負荷保護</b>	~520 mA
<b>ターゲット電力測定の分解能</b>	~160 uA
<b>ターゲット電力測定の数値</b>	最高 200 ksp/s (秒あたりキロサンプル)
<b>JTAG 電圧範囲 (自動感知)</b>	1.8 V ~ 5 V
<b>JTAG VTref 測定分解能</b>	~2 mV
<b>VTref からの電流引き込み</b>	< 50 uA
<b>JTAG クロック上昇 / 下降時間 (TCK)</b>	<= 2 ns*
<b>クロック下降時間</b>	<= 2 ns*

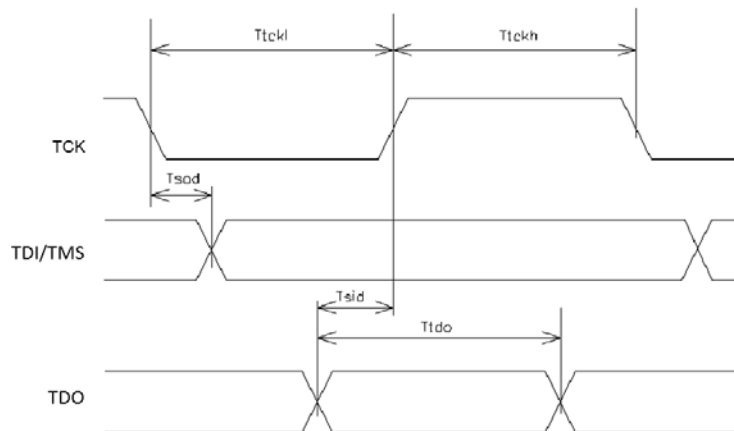
\* <= 4 ns (ターゲットボード接続時)

I-jet の前面パネルには、20 ピンの MIPI コネクタ (0.05 インチ × 0.05 インチピッチ) があります。また、2 つのケーブルも含まれています。

- 6 インチのケーブル (両端に 20 ピンの MIPI コネクタ、20 ピン MIPI ヘッダを持つ Cortex-M ターゲット用)。両端のピン 7 には白いプラグの目印があります。
- 6 インチのケーブル。一方の端に I-jet への接続用 20 ピンの MIPI コネクタと、もう一方の端に 10 ピンの MIPI コネクタ (10 ピンのヘッダを持つ Cortex-M ターゲットへの接続用)。両端のピン 7 には白いプラグの目印があります。ケーブルの赤いストライプはピン 1 (VTref) を示します。

## JTAG タイミング仕様

次の図は JTAG のタイミングとパラメータを示します：



IEEE1149.1 規格に完全に準拠する JTAG デバイスでは、TDI/TMS 信号は TCK の上昇する側でサンプリングし、TDO は TCK の下降側で送信するべきです。I-jet はこれらの要件を利用して、TCK の下降側の TDI 信号および TMS 信号を変更し、TCK の上昇側の TDO をサンプリングします。ただし、長い JTAG チェーンと高速の JTAG クロックを持つターゲットボードに対応するため、I-jet では TCK の上昇側の後に TDO が 50 ns まで遅くなることを許可しています。

**注：**アダプティブモードの処理では、I-jet は TCK ではなく RTCK の上昇側で TDO をサンプリングします。

次の表は、ターゲット（3.3 V に設定された  $V_{Tref}$ ）に接続されていない状態で MIPI-20 ケーブルの末端で測定した JTAG ポートのタイミング仕様を示します。測定された信号の負荷は、オシロスコープ 3.9 pF プローブです。

パラメータ	分	最大	説明
$T_{tckl}$	15.6 ns	250 us	TCK LOW 期間
$T_{tckh}$	15.6 ns	250 us	TCK HIGH 期間
$T_{sod}^1$	--	2.0 ns	TCK 下降側からの有効な TDI と TMS の出力
$T_{sid}^2$	TCK 前 3 ns ~ TCK 後 50 ns	--	TCK 上昇側に対する TDO 設定
$T_{tdo}$	$T_{tckl}$	--	TDO 有効長

表 1: I-jet JTAG ポートのタイミング



1  $T_{sod}$  は TCK 下降側からの最大遅延の値で、I-jet の出力信号 TDI と TMS の有効レベルです。ターゲット MCU は後に続く TCK の上昇側でこれらの信号をサンプリングするため、ターゲットの最小設定時間 (TCK の上昇側に相対) は  $T_{bscl}-T_{bsod}$  となります。

2  $T_{sid}$  は TDO 入力信号の最小設定時間で、I-jet がこの信号をサンプリングする際、TCK の上昇側に比例します。ターゲット MCU は TCK の前の下降側の TDO 値を変更するため、JTAG 速度が非常に高速の場合は TCK のプラス側の前に TDO が到達するのに十分な時間がないことがあります。TDO の遅延を補正するため、I-jet はターゲットボードによって TDO に導入された遅延を自動的に設定し、TCK のプラス側の後に最高で 50 ns の遅延を TDO に許可しています。

## ハードウェアのレビジョン履歴

I-jet のバージョンは以下のとおりです。

バージョン	仕様の変更	Date
バージョン A	最初のバージョン	2012 年 4 月

表 2: I-jet のバージョン

バージョン、製造日、シリアル番号はプローブ裏面にあります。

注: IAR Embedded Workbench で **[I-jet/JTAGjet]>[EmuDiag]** を選択して the **[EmuDiag]** ダイアログボックスを開くと、接続された I-jet のハードウェアとファームウェアのバージョンが分かります。

## ターゲットインタフェース

このセクションでは、ピン出力、信号、コネクタについて説明します。

### JTAG/SWD — MIPI-20 ケーブル

I-jet には 20 ピンの MIPI ヘッダを持つ Cortex-M デバイス用に、両端に 20 ピンの MIPI コネクタを持つ 6 インチのケーブルがついています。両端のピン 7 には白いプラグの目印があります。

VTref	1 ●● 2	SWDIO/TMS
GND	3 ●● 4	SWCLK/TCK
GND	5 ●● 6	SWO/TDO
---	7 ● 8	TDI
GND	9 ●● 10	nRESET
TgtPwr	11 ●● 12	TRACECLK
TgtPwr	13 ●● 14	TRACEDATA[0]/ SWO2
GND	15 ●● 16	TRACEDATA[1]/nTRST
GND	17 ●● 18	TRACEDATA[2]
GND	19 ●● 20	TRACEDATA[3]

ターゲットボードの接続コネクタの部品番号は FTSH-110-01-L-DV です。

以下は MIPI-20 ピンの定義です。

ピン	信号	タイプ	説明
1	VTref	入力	ターゲットの基準電圧。ターゲットに電源が投入されているかをチェックするために I-jet で使用され、入力コンパレータにロジックレベルの参照を作成するとともに、ターゲットへの出力ロジックレベルを制御します。通常は JTAG の I/O 電圧から電源が供給されます。
2	SWDIO/TMS	I/O、出力	ターゲット CPU の JTAG モード設定入力。このピンはターゲット上でプルアップする必要があります。通常はターゲット CPU の TMS に接続されます。
4	SWCLK/TCK	出力	ターゲット CPU への JTAG クロック信号。このピンは、ターゲットボードの定義された状態にプルアップすることをお勧めします。通常はターゲット CPU の TCK に接続されます。

表 3: MIPI-20 ピンの定義

ピン	信号	タイプ	説明
6	SWO/TDO	入力	ターゲット CPU の JTAG データ出力。通常はターゲット CPU の TDO に接続されます。SWD の使用時は、このピンは Serial Wire Output トレースポートとして使用されます。(オプション。SWD 通信の場合は必須ではありません)。
--	--	--	このピン (通常はピン 7) は存在しません。
8	TDI	出力	ターゲット CPU の JTAG データ入力。このピンは、ターゲットボードの定義された状態にプルアップすることをお勧めします。通常はターゲット CPU の TDI に接続されます。TDI を供給しない CPU の場合 (SWD のみのデバイス)、このピンは使用しません (3 つの状態)。
10	nRESET	I/O	ターゲット CPU のリセット信号。通常はターゲット CPU の RESET ピンに接続されています。これは通常、nRST、nRESET、RESET と呼ばれます。
11	TgtPwr	出力	このピンは、5 V の電圧を I-jet からターゲットハードウェアに供給する際に使用できます。
12*	TRACECLK	入力	入力トレースクロック。
13	TgtPwr	出力	このピンは、5 V の電圧を I-jet からターゲットハードウェアに供給する際に使用できます。
14*	TRACEDATA[0] / SWO2	入力	入力トレースデータピン 0。このピンはセカンダリの SWO として使用できます。
16*	TRACEDATA[1] / nTRST	入力	入力トレースデータピン 1。このピンは nTRST として使用できます。
18*	TRACEDATA[2]	入力	入力トレースデータピン 2。
20*	TRACEDATA[3]	入力	入力トレースデータピン 3。

表 3: MIPI-20 ピンの定義

\* 未使用。

ピン 3、5、9 j、15、17、19 は、I-jet の GND に接続された GND ピンです。またこれらは、ターゲットシステムで GND に接続されている必要があります。

## JTAG/SWD — MIPI-10 ケーブル

I-jet には、片側に 20 ピンの MIPI コネクタ (I-jet への接続用) と、もう一方に 10 ピンのヘッダを持つ Cortex デバイスへの接続用に 10 ピンの MIPI コネ

クタを持つ 6 インチのケーブルが付属しています。両端のピン 7 には白いプラグの目印があります。

VTref	1 ●● 2	SWDIO / TMS
GND	3 ●● 4	SWCLK / TCK
GND	5 ●● 6	SWO / TDO
---	7 ● 8	TDI
GND	9 ●● 10	nRESET

ターゲットボードの接続コネクタの部品番号は FTSH-105-01-L-DV です。

以下は MIPI-10 ピンの定義です。

ピン	信号	タイプ	説明
1	VTref	入力	ターゲットの基準電圧。ターゲットに電源が投入されているかをチェックするために I-jet で使用され、入力コンパレータにロジックレベルの参照を作成するとともに、ターゲットへの出力ロジックレベルを制御します。通常は JTAG の I/O 電圧から電源が供給されます。
2	SWDIO/TMS	I/O、出力	ターゲット CPU の JTAG モード設定入力。このピンはターゲット上でプルアップする必要があります。通常はターゲット CPU の TMS に接続されます。SWD の使用時は、このピンは Serial Wire Output トレースポートとして使用されます。(オプション。SWD 通信の場合は必須ではありません)。
3	GND	GND	I-jet 上のロジック GND に接続。
4	SWCLK/TCK	出力	ターゲット CPU への JTAG クロック信号。このピンは、ターゲットボードの定義された状態にプルアップすることをお勧めします。通常はターゲット CPU の TCK に接続されます。
5	GND	GND	I-jet 上のロジック GND に接続。
6	SWO/TDO	入力	ターゲット CPU の JTAG データ出力。通常はターゲット CPU の TDO に接続されます。
7	--	KEY	KEY または GND。
8	TDI/NC	出力	ターゲット CPU の JTAG データ入力。このピンは、ターゲットボードの定義された状態にプルアップすることをお勧めします。通常はターゲット CPU の TDI に接続されます。TDI を供給しない CPU の場合 (SWD のみのデバイス)、このピンは使用しません (3 つの状態)。

表 4: MIPI-10 ピンの定義

ピン	信号	タイプ	説明
9	GND	GND	GND およびターゲットが存在を検出。
10	nRESET	出力	nRESET または TRST。

表 4: MIPI-10 ピンの定義

## インジケータ

I-jet の上部には 3 つの LED インジケータがあり、それぞれ TPWR、DBG、USB と記されています。このセクションでは、インジケータとそのステータスについて説明します。

### TPWR インジケータ (ターゲット電源)

インジケータのステータス	説明
オフ	ターゲットへの電源が I-jet により供給されていない。
緑	ターゲットへの電源が I-jet により供給されている。
黄色	ワーニング。ターゲットへの電源が 420 mA を超えている。
赤	エラー。過電流の上限 (520 mA) が検出され、保護のためにターゲットへの電源がオフになりました。

表 5: TPWR インジケータのステータス

### DBG インジケータ (JTAG/SWD)

インジケータのステータス	説明
オフ	JTAG ヘッダの vTRef が低すぎる。
緑	vTRef が 1.8 V またはそれ以上。
緑の点滅	JTAG/SWD の通信アクティビティを示します。

表 6: JTAG インジケータのステータス

### USB インジケータ

インジケータのステータス	説明
オフ	USB 電源なし。
緑が点灯	初期状態または転送なし。
緑の点滅	I-jet から、または I-jet への USB 転送。
赤の点滅	USB 列挙。
赤が点灯	USB が列挙しなかったか、ハードウェアの破損。

表 7: USB インジケータのステータス

## アダプタ

役に立つアダプタが数多くあります。I-jet はそのすべてを自動的に認識します。以下のアダプタの詳細を説明します。

- ADA - MIPI20-ISO アダプタ
- MIPI-20 - ARM-20 アダプタ
- MIPI-20 - TI-14 アダプタ
- MIPI-20 - cTI-20 アダプタ

I-jet のパッケージに含まれていないアダプタは、IAR システムズから購入できます。

以下はアダプタ用の接続ターゲットヘッダです。

TI-14	cTI-20
HTST-107-01-L-DV	TML-110-02-GD-SM-006 (カバー付き)
	FTR-110-51-S-D-06 (カバーなし)

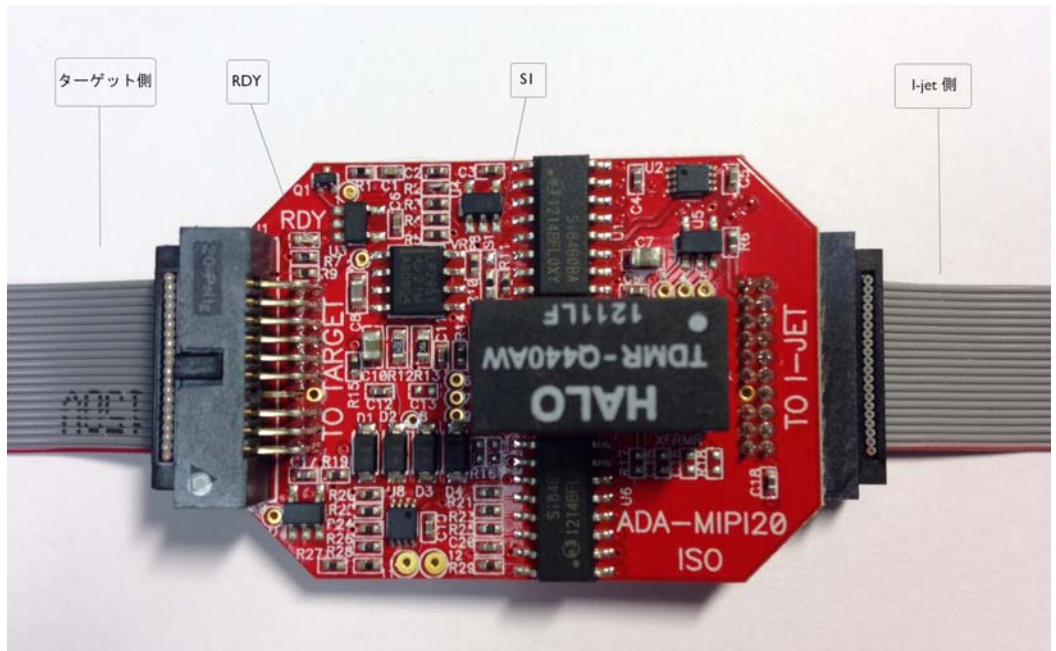
表 8: 接続ターゲットヘッダ、部品番号

## ADA — MIPI20-ISO 分離アダプタ

分離アダプタは、I-jet MIPI-20 コネクタとターゲット MIPI-20 コネクタ間の信号を電流により分離します。これを使用して、高電流モーターや他の機械類を作動させるターゲットにより発生する接地のループ、電圧の急上昇、静電気放電 (ESD)、のノイズの多い電源、接地線に伴う I-jet デバッグプローブへの破損のリスクを軽減することができます。

このアダプタには 2 つの MIPI-20 ヘッダがあり、それぞれ **TO I-JET** および **TO TARGET** と記されています。ヘッダに正しく接続するよう注意してください。逆に接続すると機能せず、アダプタが破損する恐れがあります。分離アダプタのターゲット側は、必要な受身側のあらゆる I-jet アダプタ (ADA-MIPI20-ARM20、ADA-MIPI20-TI14、ADA-MIPI20-CTI20、MIPI20-MIPI10 ケーブル) と使用できます。

アダプタは C-SPY に自動的に認識され、電源が入って緑の **RDY LED** が点灯します。



### 仕様

- ピーク時で最大 3000 V までの電流による分離\* (< 1 秒の過渡。「安全のための注意」を参照)。最大 300 V の連続した稼動電圧動作。
- I-jet と互換性あり
- JTAG、SWD、SWO の各デバッグモードに対応
- JTAG、SWD、SWO モードでのみ I-jet Trace と互換性あり (ETM トレースはサポートしていません)
- MIPI-20 のピン 11 とピン 13 を介してのみ I-jet から電源供給
- **RDY LED** は、ユニットの電源が入って使用準備が整ったことを示します
- 2.5 ~ 5 V のターゲット電圧に対応
- 最大 32 MHz の JTAG クロック速度

**互換性についての注意事項**

- 旧バージョンの ARM 用 IAR Embedded Workbench では、アダプタが自動的に検出されず、電源が入らないことがあります。こういう場合は、[プロジェクト] > [オプション] > [デバッグ] > [I-jet/JTAGjet] > [設定] ページで [ターゲット電源] オプションを選択します。
- アダプタはターゲットに電源を供給しないため、ターゲットの電力を再び消費しません。
- TI14 アダプタや CTI20 アダプタと使用する場合、EMU0 と EMU1 の信号は接続されません。
- JTAG 信号の伝播のさらなる遅延のため、一部のボードが完全な 32 MHz JTAG クロック速度で機能しないことがあります、C-SPY で JTAG 速度を下げなければならないこともあります。
- ターゲットボードの大半は、SWO 信号をターゲット MIPI20 デバッグコネクタの 6 ピンに通しています。14 ピンが SWO 用に使用されている場合は、OR シャント (S1) をポジション 3-2 から 2-1 に移す必要があります。
- アダプタはターゲットからの 1.8 V JTAG 信号に対応していません。ターゲット JTAG の電圧範囲は 2.5-5 V に限られています。
- ターゲット側の JTAG インタフェースは、ターゲット VTREF ピン (2.5 V-5 V) の電圧に自動的に適合します。分離バリアのために、ターゲットの電圧に関係なく、I-jet 側では自身の電圧を使用します。これはあくまで参考であり、ターゲット JTAG での処理には影響しません。
- ETM トレースはこのアダプタではサポートされていません。
- このアダプタは I-scope とは併用できません。



### ターゲット側のMIPI20 コネクタのピン出力

VTref	1 ●	● 2	SWDIO/TMS
GND	3 ●	● 4	SWCLK/TCK
GND	5 ●	● 6	SWO/TDO
---	7 ●	● 8	TDI
GND	9 ●	● 10	nRESET
GND	11 ●	● 12	RTCK
GND	13 ●	● 14	SWO2
GND	15 ●	● 16	nTRST
GND	17 ●	● 18	NC
GND	19 ●	● 20	NC

信号の詳細については、18 ページの *JTAG/SWD — MIPI-20* ケーブルを参照してください。

### 安全と免責事項についての重要なお知らせ

分離バリアを通した連続した通常の操作電圧は、300 V DC を超えないようにしてください。

分離電圧は過渡電圧に対する耐性の度合いを示すものでしかありません。プローブは安全分離システムの要素として使用しないでください。より高い連続した電圧で使用するには、安全規格の要件に従って追加の分離/絶縁システムを使用する必要があります。

高電圧に触れる機器を扱ときは、注意してすべての安全規制に従ってください。

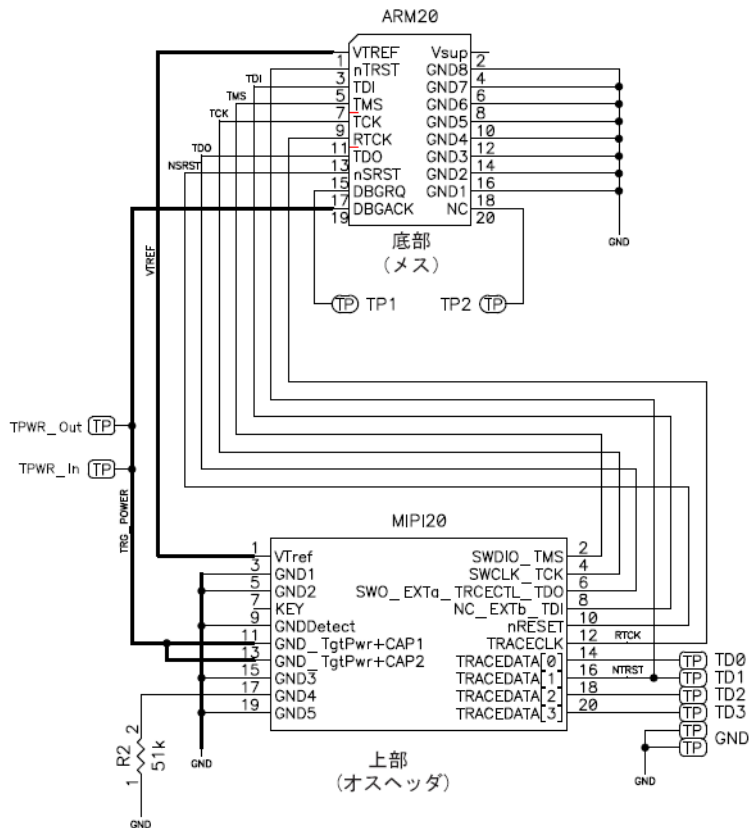


ターゲットやアダプタ、ケーブル、I-jet プローブの露出した回路に触れると、怪我や死亡につながる恐れがあります。

IAR システムやメーカーは、このプローブの使用に関するあらゆる損害について責任を負わないものとします。

### MIPI-20 — ARM-20 アダプタ

I-jet には MIPI-20 - ARM-20 アダプタが付属しています。これは、MIPI-20 I-jet ケーブルを旧型の ARM-20 (0.1 インチ×0.1 インチピッチ) の JTAG ヘッドに変換します。以下はアダプタの図面です。



以下は ARM-20 アダプタのピンの定義です。

ピン	I-jet の方向	名前	説明
nTRST	出力	テストロジック	テストリセット。TAP コントローラのステートマシンをリセットするアクティブな LOW 信号。

表 9: ARM-20 ピンの定義

ピン	I-jet の方向	名前	説明
TCK	出力	テストクロック	TCK はすべての JTAG トランザクションを同期します。TCK はスキャンチェーンのすべての JTAG デバイスに接続します。TCK はモジュールのスタックを下に流れ、それぞれの JTAG デバイスに接続します。ただし、TCK を他のクロックと同期するデバイスがスキャンチェーンにある場合、すべての下流デバイスはそのプロセッサの RTCK 信号に接続されます。
TMS	出力	テストモード 選択	TMS はタップコントローラステートマシンの移行を制御します。TMS は、信号がモジュールスタックを通る際、スキャンチェーンのすべての JTAG デバイスに接続します。
TDI	出力	テストデータ 入力	TDI はテストデータの入力信号で、スキャンチェーンの最初のデバイスの TDI 入力に送られます。
TDO	入力	テストデータ 出力	TDO は、テストデータ入力信号 TDI の戻り経路です。複数デバイスの JTAG チェインでは、最初のデバイスの TDO が次のデバイスの TDI に接続し、最後のデバイスの TDO は JTAG ヘッダの TDO に接続されます。
RTCK	入力	TCK リターン	RTCK は、同期側のデバイスがデータを取得するまでクロックが先に進まないように、サンプルされたクロックを JTAG 機器に戻すメカニズムです。適応クロックモードでは、TCK を変更する前に I-jet が RTCK のエッジを検出する必要があります。複数デバイスの JTAG チェインでは、デバイスからの RTCK 出力は下流デバイスの TCK 入力に接続されます。 スキャンチェーンに同期するデバイスがない場合、RTCK 信号を使用する必要はなく、ターゲットボードに接地されます。

表 9: ARM-20 ピンの定義

ピン	I-jet の方向	名前	説明
VTref	入力	電圧ターゲット基準	これはターゲットの基準電圧です。ターゲットに電源が通っていることを示します。通常 VTref はターゲットハードウェアの Vdd から供給され、直列の抵抗を持っている場合があります（ただし、これは推奨しません）。VTref は I-jet によって使用され、ターゲットの電源がアクティブかどうかを検出し、レベルトランスレータの JTAG 信号電圧基準を設定します。
nSRST	I/O	システムリセット	アクティブな LOW オープンコレクタ信号。デバイスおよびターゲットボードをリセットするために、I-jet で使用されます。I-jet はこの行を感知して、デバイスがいつリセットされたかを判断します。
Vsupply	出力	--	このピンは I-jet には接続されません。
DBGRQ	出力	--	このピンは I-jet には接続されません。
DBGACK/ TRGPWR	出力	ターゲット電源	このピンは SW の制御下で、ターゲットボードに 5 V の電源を供給するために使用されます。デバッグ中に電源アダプタを排除するために、5 V DC ボード入力へのジャンパーシャントを通じて供給されます。このピンで I-jet により供給される最大電流は、約 420 mA です。供給される電流が ~500 mA に達すると、保護のために電源がオフになります。

表 9: ARM-20 ピンの定義

I-jet MIPI20 コネクタのピン 17 の R2 プルダウンは、旧型の ARM-20 アダプタが使用されているという I-jet への信号です。他のアダプタには、必要な場合に I-jet が識別できるように異なる抵抗があります。このピンの GND が点灯していると、アダプタが使用されておらず、MIPI ケーブルが I-jet とターゲットボードの間で直接接続されていることを示します。

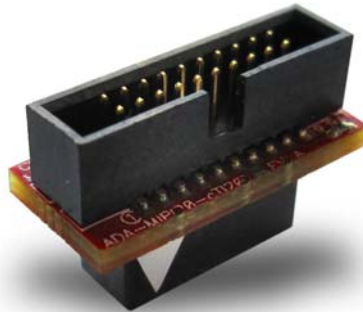
#### TI14 ヘッダ情報 (ターゲットボード用)

TI14 ヘッダは Samtec USA 製です。モデル番号は TSM-17-DV です。詳しくは、メーカーの Web サイト ([http://samtec.com/technical\\_specifications/overview.aspx?series=TSM](http://samtec.com/technical_specifications/overview.aspx?series=TSM)) を参照してください。

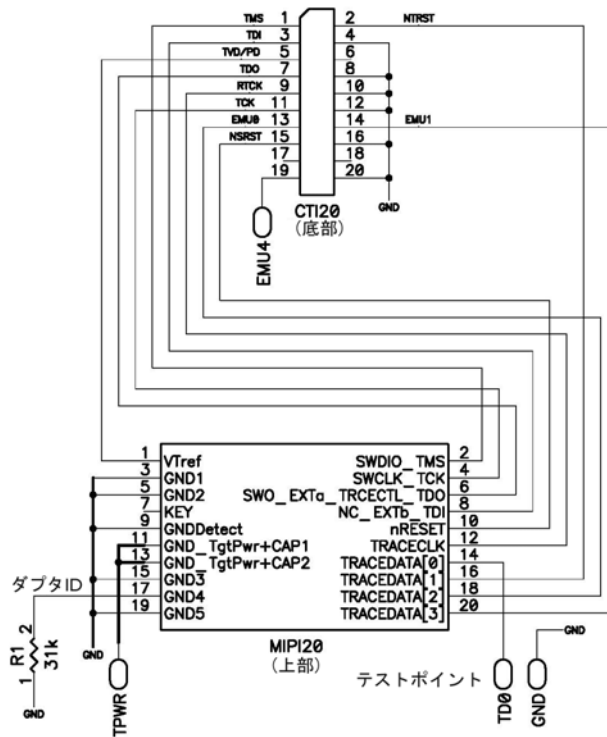
## ADA-MIPI20-cTI20 アダプタ

ADA-MIPI20-cTI20 アダプタは、一部の新しい OMAP、DaVinci や他の TMS320、TMS470、TMS570 ターゲットボードで使用される、Texas Instruments のコンパクト 20 ピン JTAG インタフェースへの I-jet 標準 MIPI-20 ケーブルピン出力に適合します。

このアダプタは、I-jet MIPI-20 ケーブルに接続するための MIPI-20 オスヘッダが上部に、cTI-20 形式のメスヘッダ（ソケット）が下部にあります。cTI-20 JTAG ヘッダは 20 ピンのダブルロー、高密度 0.05 インチ × 0.1 インチ (1.27 mm × 2.56 mm) ピッチのコネクタで、キー（プラグ）は間違っただけの接続を防ぐためにポジション 6 にあります。プラグがない場合、cTI-20 コネクタのピン 1 にある白い矢印で方向がわかります。



以下はアダプタの図面です。



以下は cTI20 のピン定義です。

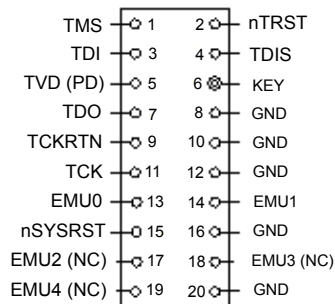
ピン	I-jet の方向	名前	説明
nTRST	出力	テストロジックリセット	デバイス中のすべてのテストとデバッグロジックを IEEE 1149.1 TAP とともにリセットする、アクティブな LOW 信号。
TCK	出力	テストクロック	これは、IEEE 1149.1 TAP ステートマシンとロジックを稼動するためのテストクロックです。
TMS	出力	テストモード選択	IEEE 1149.1 TAP ステートマシンの次の状態を指示します。
TDI	出力	テストデータ入力	デバイスへの IEEE 1149.1 スキャンデータ入力。
TDO	入力	テストデータ出力	デバイスからの IEEE 1149.1 スキャンデータ出力。

表 10: cTI20 のピン定義

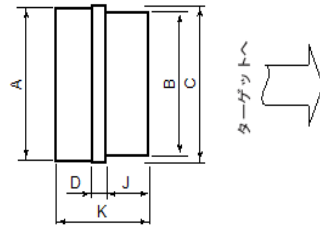
ピン	I-jet の方向	名前	説明
RTCK	入力	TCK リターン	適応クロックモードでのみ使用します。I-jet は RTCK をモニタして、次の TCK を送信するタイミングを決定します。
PD	入力	電源の検出	ターゲットデバイスの I/O 電圧に接続する必要があります。I-jet によって使用され、ターゲットの電源がアクティブかどうかを検出し、レベルトランスレータの JTAG 信号電圧基準を設定します。
EMU0	I/O	列挙 0	デバイスによっては、EMU ピンがブートモードや他の機能をサポートしています。I-jet はこのピンを使用しませんが、これは MIPI20 コネクタの TRACEDATA[2] ピンに送られます。正しくブートするためには、このピンはターゲット上でプルアップする必要があります。
EMU1	I/O	列挙 1	デバイスによっては、EMU ピンがブートモードや他の機能をサポートしています。I-jet はこのピンを使用しませんが、これは MIPI20 コネクタの TRACEDATA[3] ピンに送られます。正しくブートするためには、このピンはターゲット上でプルアップする必要があります。
nRESET	I/O	システムリセット	アクティブな LOW オープンコレクタ信号。デバイスおよびターゲットボードをリセットするために、I-jet で使用できます。 I-jet はこの行を感知して、ユーザーやウォッチドッグタイマによってボードがいつリセットされたかを判断します。

表 10: cTI20 のピン定義

以下はターゲット cTI20 JTAG ヘッダのピン出力です。ピン 6 は、正しい方向を示すために使用されていません。

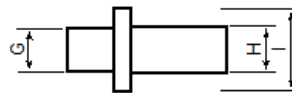


以下は、ADA-MIPI20-cTI20 アダプタを上から見た寸法です 1。



A	18.9 mm (0.74 インチ)
B	17.7 mm (0.7 インチ)
C	19.4 mm (0.76 インチ)
D	1.8 mm (0.07 インチ)
J	6.0 mm (0.24 インチ)
K	12.8 mm (0.50 インチ)

以下は ADA-MIPI20-cTI20 アダプタの側面図です。



G	0.5 mm (0.19 インチ)
H	5.1 mm (0.2 インチ)
I	9.1 mm (0.36 インチ)

**cTI20 ヘッダ情報 (ターゲットボード用)**

cTI20 ヘッダは Samtec USA 製です。モデル番号は FTR-110-51-S-D-06 です。詳しくは、メーカーの Web サイト ([http://www.samtec.com/technical\\_specifications/overview.aspx?series=FTR](http://www.samtec.com/technical_specifications/overview.aspx?series=FTR)) を参照してください。



# I-jet Trace

この章では、Cortex-M インサーキットデバッグプローブ用 I-jet Trace について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- 概要
- I-jet Trace の操作
- 技術仕様

---

## 概要

このセクションでは、I-jet Trace インサーキットデバッグプローブの概要について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- I-jet Trace インサーキットデバッグプローブ
- 要件
- ターゲット接続

## I-JET TRACE インサーキットデバッグプローブ

I-jet Trace はインサーキットデバッグプローブで、USB3 通信ポートの速度と電力の供給が可能ないように設計されています。USB 2.0 にも対応していますが、速度が遅く電力の供給量が少ないためお勧めしません。

I-jet Trace には I-jet のすべての機能がありますが、パフォーマンスが強化されて ETM (Embedded Trace Macrocell) のサポートが加わったことにより、Cortex-M デバイス上で 1 ビット、2 ビット、4 ビットのトレースバスを介してアプリケーションとデータのリアルタイムのトレースが可能になりました。

I-jet Trace は、JTAG または SWD 接続によりターゲットボードに接続し、ホストコンピュータには USB ポート経由で接続します。



I-jet Trace は、リアルタイムでプログラムの実行をよりよく把握するために、プログラムカウンタや変数、電力測定データをホストコンピュータに連続で提供します。一般的な JTAG デバッグのほかに、I-jet Trace にはターゲットボードに電源を供給し、リアルタイムでプログラムを実行中に十分な精度で電力プロファイルを提供する機能があります。この機能を *Power* デバッグといいます。

Cortex デバイスをデバッグするために、I-jet Trace は SWO (Serial Wire Output) をサポートしています。これは、プログラムの実行をトレースし、コードに事前定義されたポイントで変数を追跡するときに使用できます。

I-jet Trace インサーキットデバッグプローブは、ツールベンダによってはデバッグプローブ、デバッグアダプタ、JTAG インサーキットエミュレータなどと呼ばれています。

## 要件

I-jet Trace は、IAR Embedded Workbench® IDE に付属の IAR C-SPY® デバッグにより制御される必要があります。

## ターゲット接続

以下のインタフェースがサポートされています。

- MIPI-20 (部品番号 FTSH-110-01-L-DV) : JTAG、SWD、SWO、ETM
- MIPI-10 (部品番号 FTSH-105-01-L-DV) : JTAG、SWD、SWO
- ARM-20 (部品番号 HTST-110-01-L-DV) : JTAG、SWD、SWO

I-jet Trace には前面パネルに MIPI-20 コネクタがあるほか、MIPI-20 と MIPI-10 ケーブル、さらに旧型の ARM-20 アダプタも付いています。

**注:** MIPI-20 ケーブルのみが ETM のトレース機能をサポートしています。他のすべての接続 (MIPI-10 と ARM-20) は、単純な JTAG/SWD/SWO デバッグ専用です。

入手可能な他のすべての I-jet アダプタは、I-jet Trace と互換性があります。

---

## I-jet Trace の操作

このセクションでは、I-jet Trace の操作について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- 設定とインストール
- ターゲットシステムの接続
- トレースの使用
- プローブファームウェアの更新

I-jet Trace を使用したデバッグの詳細は、『*ARM 用 C-SPY® デバッグガイド*』を参照してください。

## 設定とインストール

### ソフトウェア

I-jet Trace を使用する前に、ARM 用 IAR Embedded Workbench をインストールする必要があります。詳しくは、『インストールとライセンス・クイックリファレンス』ガイドを参照してください。

### プローブの設定

I-jet Trace では、特殊なドライバソフトウェアをインストールする必要はありません。I-jet Trace のすべてのドライバは通常、IAR Embedded Workbench の一部として自動的にインストールされます。

USB ドライバを手動でインストールする必要がある場合、`Program Files\IAR Systems\Embedded Workbench x.x\arm\drivers\jet\USB3\32-bit` または `64-bit`（使用するシステムに応じて異なります）に移動します。dpinst.exe アプリケーションを起動します。こうすることで、USB ドライバがインストールされます。

エニューメレーション後 USB2 ポートで USB LED が 2 回、USB3 ポートで 3 回それぞれ点滅します。

同じホストコンピュータ上における複数の I-jet プローブの使用については、『ARM 用 C-SPY® デバッグガイド』を参照してください。

## ターゲットシステムの接続

### I-jet Trace プローブの起動

- 1 USB マイクロケーブルを使用して、I-jet Trace をホストコンピュータに接続します。
- 2 ターゲットボードのコネクタ（MIPI-20 または MIPI-10）に合うケーブルを使用して、I-jet Trace をターゲットボードに接続します。標準の JTAG コネクタを使用する場合、ARM-20 を MIPI-20 アダプタに差し込んでから JTAG コネクタに接続する必要があります。

注：上記の順序が逆になっても問題はありません。



破損を防ぐには、ターゲット GND と USB ホストの GND が同じレベルにある必要があります。ホットプラグの状態にあるときは、PC とターゲットボードの電源が同じ接地されたコンセントまたは共通の接地されたデスクトップ電源コードに接続されているようにしてください。

注：同じホストコンピュータ上で複数の I-jet プローブを使用することは可能ですが、ARM 用 IAR Embedded Workbench® のインスタンスを複数実行する必要があります。

## 評価ボードの起動

評価ボードの準備ができている場合は、標準の ARM-20 コネクタの 19 ピン、または MIPI-20 コネクタの 11/13 ピンから I-jet Trace を介してボードを起動できます。I-jet Trace から過電流防止の状態で、最高 420 mA までターゲットに電源を供給できます。ほとんどの IAR システムズの評価キットには、この方法で電源を供給可能な評価ボードが含まれています。これらのボードのほとんどにある電源ジャンパーが、使用する設定に合っているか確認してください。

**注：**C-SPY で [ダウンロードしてデバッグ] または [ダウンロードせずにデバッグ] コマンドを選択すると、ターゲットボードに I-Jet Trace 経由で電源が供給されますが、それまでは電源は入りません。

**注：**Power デバッグ機能を使用する唯一の方法は、I-jet Trace を介して評価ボードに電源を供給することです。

## トレースの使用

ETM トレースを使用するには、ターゲットボードに ETM トレースピン（通常は TraceCLK および TraceD0-D3 という名称）のある Cortex-M デバイスが必要で、これらのピンは MIPI-20 デバッグヘッダに接続されていなければなりません。一部のデバイスではトレースピンは多重化されているため、負荷を最小限に抑えて信号の整合性を高められるように、これらのピンを PCB 上の他のロジックデバイスに接続しないよう注意してください。

C-SPY は MCU 上ですべての必要なレジスタを初期化および有効化し、ETM ポートが正しく機能するようにします。こうすることで、特別なユーザコードの実装が不要となります。ただし、アプリケーションコードを実行しても ETM トレースに使用される GPIO ピンに干渉（リード、ライトなど）しないように注意してください。

I-jet Trace デバッグプローブの TRACE LED は、ETM データについてトレースデータ収集の準備が完了すると緑になります。これは通常、トレースが C-SPY で有効になって Run コマンドが発せられたとき起こります。

トレースについての詳細は、『C-SPY デバッグガイド』を参照してください。

## プローブファームウェアの更新

詳細については、9 ページの [プローブファームウェアの更新](#) を参照してください。

## 技術仕様

このセクションでは、I-jet Trace インサーキットデバッグプローブの技術仕様について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- I-jet Trace パッケージ
- モデル仕様
- コネクタ

### I-JET TRACE パッケージ

I-jet Trace パッケージの内容は以下の通りです：

- I-jet Trace インサーキットデバッグプローブ
- MIPI-20 JTAG ケーブル
- MIPI-10 JTAG ケーブル
- USB3 A - Micro-B ケーブル
- MIPI-20 - ARM-20 アダプタ
- 挨拶状

### モデル仕様

I-jet Trace の仕様は以下のとおりです。

<b>USB の速度</b>	4.8 Gbps (USB 3 SuperSpeed) 480 Mbps (USB 2.0 Hi-Speed)
<b>USB 接続</b>	USB 3 Micro-B (USB 2.0 Micro-B 互換)
<b>ターゲット接続</b>	MIPI-20 (ETM、JTAG、SWD) MIPI-10 (JTAG と SWD) ARM-20 (JTAG と SWD)
<b>外部の DC 電源入力</b>	オプションの 5 V DC、1 A (最小)、 1.3 × 3.5 mm
<b>アダプタ付属</b>	MIPI-20 - ARM-20
<b>デバッグインタフェース</b>	ETM、JTAG、SWD
<b>JTAG/SWD 最大クロック</b>	100 MHz
<b>JTAG/SWD クロック上昇 / 下降時間</b>	<= 2 ns

ETM 最大トレースクロック	150 MHz (トレースクロックは通常、MCU クロックの 1/2 です)
サポートされている SWO プロトコル	Manchester と UART
SWO 最大速度	200 Mbps
ETM トレースメモリ	最大 512 M サンプル (モデルにより異なります)
ターゲットに電力供給 (4.1 V-4.6 V)	400 mA (最大)、USB 3 ポート使用 200 mA、USB 2 ポート使用 400 mA、外部 DC 電源使用
過負荷保護	~420 mA、USB 3 使用 ~220 mA、USB2 使用 ~420 mA、外部 DC 電源
ターゲット電力測定の分解能	~160 uA
ターゲット電力測定の速度	最高 200 ksps (秒あたりキロサンプル)
JTAG/SWD/ETM 電圧範囲	1.65 V ~ 3.3 V (5V トレラント)
ターゲット VTref からの電流引き込み	< 50 uA
電力要件	3000 mW 最大 (USB または外部 DC から、ターゲットなし)
動作温度	0-30 °C
保管温度	0-80 °C

### ハードウェアのレビジョン履歴

I-jet Trace のバージョンは以下のとおりです。

バージョン	仕様の変更	Date
バージョン A	IAR 内部用バージョン	3/24/2014
バージョン B	製品バージョン	5/26/2014
バージョン C	nSRST に 100k のプルアップを追加、USB 起動シーケンスを変更	11/26/2014
バージョン CI	JTAG 出力ピンの電圧レベルを上げて、5 V デバイスとの互換性を改善	05/15/2015

表 11: I-jet Trace のバージョン

バージョン、製造日、シリアル番号はプローブ裏面にあります。

注：IAR Embedded Workbench で **[I-jet/JTAGjet]>[EmuDiag]** を選択して **[EmuDiag]** ダイアログボックスを開くと、接続された I-jet のハードウェアとファームウェアのバージョンが分かります。

## コネクタ

### 外部電力

I-jet Trace には、USB コネクタのすぐ横に小型 (1.35 mm × 3.5 mm) の外部電源コネクタがあります。これは、ホストコンピュータが I-jet Trace とターゲットボードに必要な電力を供給できない場合、いつでも使用できます。外部電源は少なくとも 5 V DC(1 A) を提供する必要があります。

外部の電源が接続されている場合、電力のほぼすべてが外部電源から供給され、消費電力のより大きいターゲット (最大 400 mA) に I-jet Trace から電源を供給することができます。

### I-scope コネクタ

プローブ側面の I-scope コネクタは、I-scope のアナログプローブを I-jet Trace に接続するために提供されています。I-jet とは異なり、I-scope はターゲットボードに使用されている同じ MIPI-20 コネクタには接続できません。I-scope が I-jet Trace に接続されている場合、I-scope 上の Target コネクタは使用できません。

### 拡張コネクタ

このコネクタは将来用で、I-jet Trace に機能を追加するために予約されています。

### インジケータ

I-jet Trace の上部には 4 つの LED インジケータがあり、それぞれ Trace、TPWR、DBG、USB と記されています。このセクションでは、インジケータとそのステータスについて説明します。

### Trace インジケータ

インジケータのステータス	説明
オフ	トレースなし。
緑	トレースデータが有効でトレースクロックが存在します。

表 12: Trace インジケータのステータス



インジケータのステータス	説明
赤	トレースデータの収集が有効になっていますが、トレースクロックがありません。
オレンジの点滅	SWO トレースデータを収集しています。

表 12: Trace インジケータのステータス

## TPWR インジケータ (ターゲット電源)

インジケータのステータス	説明
オフ	ターゲットへの電源が I-jet により供給されていない。
緑	ターゲットへの電源が I-jet により供給されている。
黄色	ワーニング。ターゲットへの電力が過電流の上限に近づいています。
赤	エラー。過電流の上限が検出され、保護のためにターゲットへの電源がオフになりました。

表 13: TPWR インジケータのステータス

## DBG インジケータ (JTAG/SWD)

インジケータのステータス	説明
オフ	JTAG ヘッダの VTRef が低すぎる。
緑	VTRef が 1.2 V またはそれ以上。
緑の点滅	JTAG/SWD の通信アクティビティを示します。

表 14: JTAG インジケータのステータス

## USB インジケータ

インジケータのステータス	説明
オフ	USB 電源なし。
緑が点灯	初期状態または転送なし。
緑の点滅	I-jet から、または I-jet への USB 転送。
赤の点滅	USB 列挙。
赤が点灯	USB が列挙しなかったか、ハードウェアが破損しています。

表 15: USB インジケータのステータス



# I-scope

この章では、I-jet/I-jet Trace 用の I-scope 電力プローブについて説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- 概要
- I-scope の操作
- 技術仕様

---

## 概要

このセクションでは、I-jet/I-jet Trace 用の I-scope 電力プローブの概要について簡単に説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- I-scope を使用する理由
- I-scope プローブ
- I-scope を使用した電流および電圧測定

### I-SCOPE を使用する理由

I-scope を使用する主な利点は、アプリケーション実行の電力データをリアルタイムで把握し、電力プロファイルを参照して電力効率を上げるためにコードを最適化できることです。C-SPY の [タイムライン] ウィンドウには、アプリケーションソースコードと比較した電力データが表示され、プログラムのフロー用に電力を解析することができます。

解析によって、どの関数および周辺ユニットがより多くの電力を消費するか、どの I/O アクティビティが電流の急上昇を引き起こすか、さまざまなスリープモードまたはメインのアイドルループで MCU がどれだけ電力を消費するか、といったことが明らかになります。取得されたデータを使用して、設計の消費電力を抑え、GPIO および周辺ユニットを初期化して、ターゲットのパフォーマンスを犠牲にせず、最高の電力効率を達成することができます。

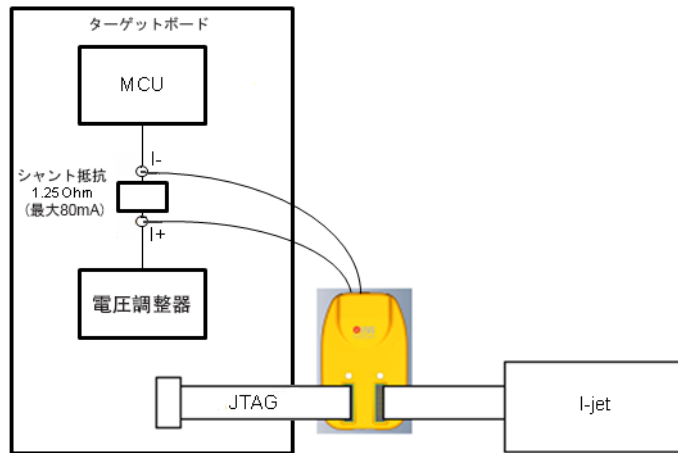
### I-SCOPE プローブ

I-jet/I-jet Trace 用 IAR I-scope は、I-jet/I-jet Trace インサーキットデバッグプローブとターゲットボードの間に接続します。I-scope によって、詳細な電流と電圧の測定機能が I-jet/I-jet Trace に加わります。これらの測定はターゲットボードのどの指定位置でも実行でき、IAR C-SPY デバッガによってリアルタイムで表示されます。

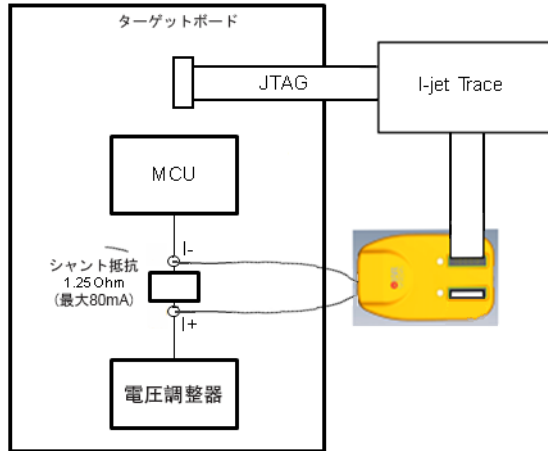
## I-SCOPE を使用した電流および電圧測定

I-scope には、電流と電圧の測定用に 12 ビットの A/D コンバータが含まれています。電流の入力は、感度の高い差動増幅器を使用して実装します。電流の測定は、ターゲットボード上のシャント抵抗に 2 つの差動電流測定リード (I+ と I-) を接続して行います。

次の図は、I-jet およびターゲットボードに接続された I-scope を示します。



次の図は、I-jet Trace およびターゲットボードに接続された I-scope を示します。



多くのハードウェアエンジニアはボードに小さいシャント抵抗を追加して、特定のロジックブロックやデバイスから供給される電流を測定します（デジタル電圧計を使用）。この方法は主に、開発の初期段階で使用されます。シャント抵抗は測定する電力レールとともに並列で配置され、電圧降下によりロジックブロックや MCU が電圧の最小要件範囲外とならないように小型でなければなりません。ほとんどの MCU の電源電圧は通常 Vdd 値の 100 mV 以内に指定されるため、I-scope が最大 100 mV の電圧ドロップを提供するシャント抵抗と連携するよう設計されているのはこのためです。

シャント抵抗値の計算は非常にシンプルです。選択したクロック速度および有効になっているすべての周辺機器での MCU の最大動作電流が 80 mA とすると、オームの法則によりシャント抵抗の値は次のようになります。

$$R = V/I = 0.1 \text{ V} / 0.08 \text{ A} = 1.25 \text{ } \Omega$$

この例に基づいて、電力プローブのダイナミックレンジは 20 uA (80 mA/4096) から 80 mA となります。

測定で正確な値を得るために、1%（またはそれ以上）の抵抗を使用することをお勧めします。計算された値が標準の抵抗の値に一致しない場合、次に小さい値を選択してください。この例では、次に小さい標準の抵抗の値は 1.24  $\Omega$  です。

より大きな抵抗の値も使用できますが、I-scope は 110 mV で許容最大値となり、それ以上は遮断されます。低レベルの電流を測定する場合、かなり大き

いシャント抵抗を使えば優れた解像度が得られます。MCU が高電流モードになるときに、MCU Vdd ラインがメーカーの許容最小値を下回らないように注意してください。特定のプロセッサの最小値について詳しくは、そのデータシートを参照してください。

電流測定値を MCU の実際の消費電力に変換するために、I-scope はシャント抵抗の I- 端子の電圧を自動的に測定します。

I-scope は最大 200 kHz のサンプリングレートで電流と電圧を測定し、それを I-jet/I-jet Trace に送信します。データは実行中の MCU のプログラムカウンタと同期され（使用可能な場合）、リアルタイム表示と C-SPY を使用した解析が可能になります。

C-SPY を使用した Power デバッグについて詳しくは、『C-SPY デバッグガイド』を参照してください。

---

## I-scope の操作

このセクションでは、I-scope の操作について説明します。

### インストール

- 1 付属の MIPI-20 を使用して I-scope を I-jet/I-jet Trace に接続します。
- 2 I-jet/I-jet Trace に付属の MIPI-20 ケーブルを使用して、ターゲットを I-scope に接続します。
- 3 IAR Embedded Workbench を起動して、プロジェクトを選択します。
- 4 電流を測定するには、I+ のリードと I- のリードをボード上のシャント抵抗をまたいで接続します。I+ リードは電圧の高い側（電圧調整器または電源から来ている方）に接続してください。リードが逆になっていると、[タイムライン] ウィンドウの Power グラフで現在の電流と電力が 0 というように表示されます。  
電圧を測定するには、1 つまたは複数の I+, V1、V2、V3 スコープチャンネルを、モニタする任意の電圧テストポイントに接続します。
- 5 IAR Embedded Workbench の C-SPY ドライバのメニューで、[Power ログの設定] を選択して [Power ログの設定] ウィンドウにシャント抵抗の値を入力します。
- 6 アプリケーションを起動します。Power ログを有効にするには、[Power ログ] ウィンドウのコンテキストメニューまたは [タイムライン] ウィンドウの Power ロググラフのコンテキストメニューから [有効化] を選択します。[タイムライン] ウィンドウの Power グラフに示される電力と電圧のデータは、MCU プログラムの実行中にリアルタイムで表示されます。

---

## 技術仕様

このセクションでは、I-jet/I-jet Trace インサーキットデバッグプローブの技術仕様について説明します。具体的には以下の項目を解説します。

- I-scope パッケージ
- 外部の特徴
- I-scope プローブの仕様

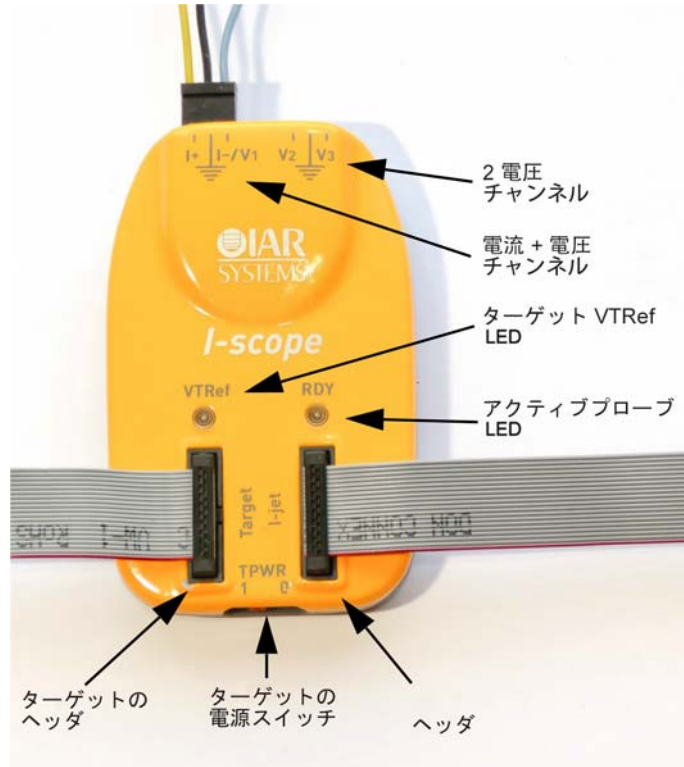
### **I-SCOPE パッケージ**

I-scope パッケージの内容は以下の通りです：

- I-scope プローブ
- I-jet/I-jet Trace に接続するための短い MIPI-20 フラットケーブル
- それぞれに3つのフライングテスト用リードがついた2つのプローブ
- 6つのグラバークリップ
- 挨拶状

## 外部の特徴

次の図は I-scope プローブと、その接続およびスイッチを示します。



これらは I-scope の接続およびスイッチの説明です。

I+ シャント抵抗の電流プローブのプラス側（より電圧の高い方）。MCU への電源供給線では、このリードはシャント抵抗（V<sub>dd</sub> または V<sub>cc</sub>）の電源供給側に入ります。

$\perp$   
—

ターゲットへのアナログ接地。この接続はプローブがターゲットの JTAG ヘッダに接続されている場合はオプションですが、より正確な測定が必要なときに使用してください。



I-V1	<p>シャント抵抗の電流プローブのマイナス側（より電圧の低い方）。MCU への電源供給線では、このリードはシャント抵抗の MCU 側（負荷の側）に取り付けてください。</p> <p>シャント抵抗は、MCU が最大消費電流で動作しているときに約 100 mV の電圧降下が可能なように計算する必要があります。</p> <p>接地に比例する電圧を、この入力で個別に測定することができます。これによって、選択した測定ポイントで電流と電圧の両方を測定できます。</p>
V2	0 V から 6 V の電圧を測定するための電圧プローブチャンネル。
V3	0 V から 6 V の電圧を測定するための電圧プローブチャンネル。
VTRef	ターゲットの電圧が > 1.65 V になると、ターゲットの基準電圧の LED が緑に変わります。これは I-jet/I-jet Trace が動作するターゲットの最小電圧です。
RDY	電力プローブが有効になると、Ready の LED がすぐに黄色に変わります。I-jet/I-jet Trace がプローブを調整した後、RDY LED は緑に変わって I-scope を使用する準備ができたことを示します。
Target	ターゲットのボード JTAG ヘッドに入るケーブルのコネクタ。
I-jet	I-jet/I-jet Trace に入るケーブルのコネクタ。
TPWR	ターゲットの電源スイッチ。0（オフ）の位置では、I-jet/I-jet Trace ターゲットの電力レール（TPWR）が切断されてターゲットに行かなくなります。デフォルトの位置は 1（オン）で、この状態では I-jet/I-jet Trace が 5 V の電力をターゲットボードに供給できます。ただし、ターゲットボードの電力測定は正確にはならないため、I-scope が接続されているときは使用しないでください。

## I-SCOPE プローブの仕様

サイズ（幅 * 長さ * 高さ）	700 mm * 44 mm * 14 mm
ADC 解像度	12 ビット
最大サンプリングレート	200 ksps
V1、V2、V3 の電圧チャンネル範囲	0 ~ 6 V
V1、V2、V3 の電圧チャンネル解像度	1.49 mV (1 LSB)

V1、V2、V3 の電圧チャンネル精度 2.98 mV (2 LSB)

I+ プローブと I- プローブ間の最大差動電圧 110 mV

以下はシャント抵抗値ごとの I-scope 仕様です。

	1 Ω シャント	10 Ω シャント	100 Ω シャント
電流チャンネル解像度	26.8 uA	2.68 uA	0.268 uA
電流チャンネル精度	53.7 uA	5.37 uA	0.537 uA
電流チャンネル測定範囲	0-110 mA	0-11 mA	0-1.1 mA
アプリケーション	汎用の MCU 電流および電力測定	低電力の MCU 電流および電力測定	パワーダウンおよびスリープモードでの消費電流の測定

表 16: シャントの I-scope 仕様