

Technical Note for PoCL Standard Proposal

(PoCL 技術ノート(日本語版))

Aug.29, 2006 名雲 文男
株式会社シーアイエス

この文書は PoCL 規格案の付属文書として用意した二つの技術報告書のうちの一つです。
(注1)。
(正規の Technical Note は英文です。)

PoCL 規格書(案)は、規格のみを記載しておりますので、その背景や根拠を理解するにはこの第一の付属文書 Technical Note と第二の文書 Technical Report が有効です。

この文書(第一の付属文書) **Technical Note** は PoCL 技術の実現性や妥当性を定量的根拠に基づいて説明しております。一方第二の文書 Technical Report は PoCL 技術検討や実験結果を記したもので、第一の付属文書である Technical Note の裏づけ資料となります。

注: この文書は PoCL 規格(案)Ver.3.0 向けに作成しております。
従いまして、正規の PoCL 規格や、同時掲載の PoCL 規格(案)Ver.4.1 との間に僅かながら違いがある可能性がありますので、その旨ご注意願います。

Technical Note

for PoCL Standard Proposal

Mar.19.2006 名雲 文男
@株式会社シーアイエス

目次

- 1 はじめに
 - 1.1 目的:
 - 1.2 技術検討項目
- 2 PoCL System に関する規定
 - 2.1 給電能力に関する規定
 - 2.2 給電容量を 400mA に限定する要因
 - 2.2.1 Camera Ground (C-GND) offset
 - 2.2.2 Common mode offset 0.5V の影響
 - 2.3 電源雑音とその対策
 - 2.3.1 電源雑音の信号線への混入
 - 2.3.2 電源雑音対策
 - 2.4 電流復路としての Outer shield と Inner Shield
 - 2.4.1 C-GND offset 直流成分 と Outer shield
 - 2.4.2 C-GND offset 交流成分 と雑音除去 LPF
 - 2.4.3 C-GND offset と Inner Shield
- 3 PoCL ケーブルの規定
 - 3.1 ケーブル構成の規定
 - 3.1.1 給電線材の指定
 - 3.1.2 給電線から信号線へのクロストークの規定
 - 3.1.3 ドレイン線を4本から2本に削減する影響
 - 3.2 給電線の総給電容量を1A とする根拠
- 4 PoCLフレームグラバースの規定
 - 4.1 給電電圧範囲に関する規定
 - 4.2 電源雑音除去 LPF の設置要求
 - 4.2.1 LPF の必要性
 - 4.2.2 LPF の具体例、その伝送特性
 - 4.3 過電流保護機能の設置要求
 - 4.3.1 過電流保護回路特性の規定(最大サージ電力の規定)
 - 4.3.2 過電流保護回路の具体例
- 5 PoCL カメラの規定
 - 5.1 カメラ電源回路の検査電圧

1. はじめに

1.1. 目的:

当 Technical Note は PoCL 規格案の背景と根拠を示す。なお後述の Technical Report とは PoCL 規格案を作成するにあたり WG-jpn が行った技術検討結果である。

1.2. 技術検討項目

PoCL 規格の検討には、同 System とカメラリンクシステムとの相違点である A: 電源供給に関する事項、B: Cable 構成に関する事項(Drain Wire を4本から2本へ削減する構成)と C: 互換性対策という技術評価が不可欠である。Chart 1はこうした技術評価項目と目次および Technical Report との対応を示す。この Technical Note の目次がデバイス順の筋立てであるが、当 Chart 1 はこの Technical Note の技術検討事項別の逆引きガイダンスである。

技術検討事項		規格 検討	目次と Tech. Report
A: 電源供給に関する事項			
電圧範囲	給電線の電圧降下		2.1 給電能力に関する規定
電流容量			2.1 給電能力に関する規定
制限要因	Common Mode Offset	◆	2.2 給電容量を400mAに限定する要因
抵抗値		◆	3.1.1 給電線材の指定
	実際の電流帰路		2.4 電流復路としてのOuter shieldと Inner Shield
電源雑音			2.3.1 電源雑音とその影響
	直流雑音	Common Mode Offset	◆ 2.2.2 Common mode offset 0.5Vの影響
			Tech. Report 1: Fast transient test
	交流雑音	Cross Talk	◆ 3.1.2 給電線から信号線へのクロストークの規定
			Tech. Report 2: Cross talk measurement
電源雑音対策			2.3.2 電源雑音対策
		◆	4.2 電源雑音除去LPFの設置要求
			Tech. Report 4, 6: LPF
B: Cable構成に関する事項 (ドレイン線数の削減)			
外来雑音			2.2.2 Common mode offset 0.5Vの影響
不要輻射			3.1.3 ドレイン線を4本から2本に削減する影響
			Tech. Report 3: EMI Measurement
C: 互換性に関する事項			
過電流保護回路		◆	4.3 過電流保護機能の設置要求
	Resetable Switch Method		Tech. Report 5: 過電流保護回路 PoliSwitch
	Cable Sensing Meethod		5.1 カメラ電源回路の検査電圧
			Tech. Report 7: 過電流保護回路 Cable Sensing

Chart 1: 技術検討事項と目次、Technical Report

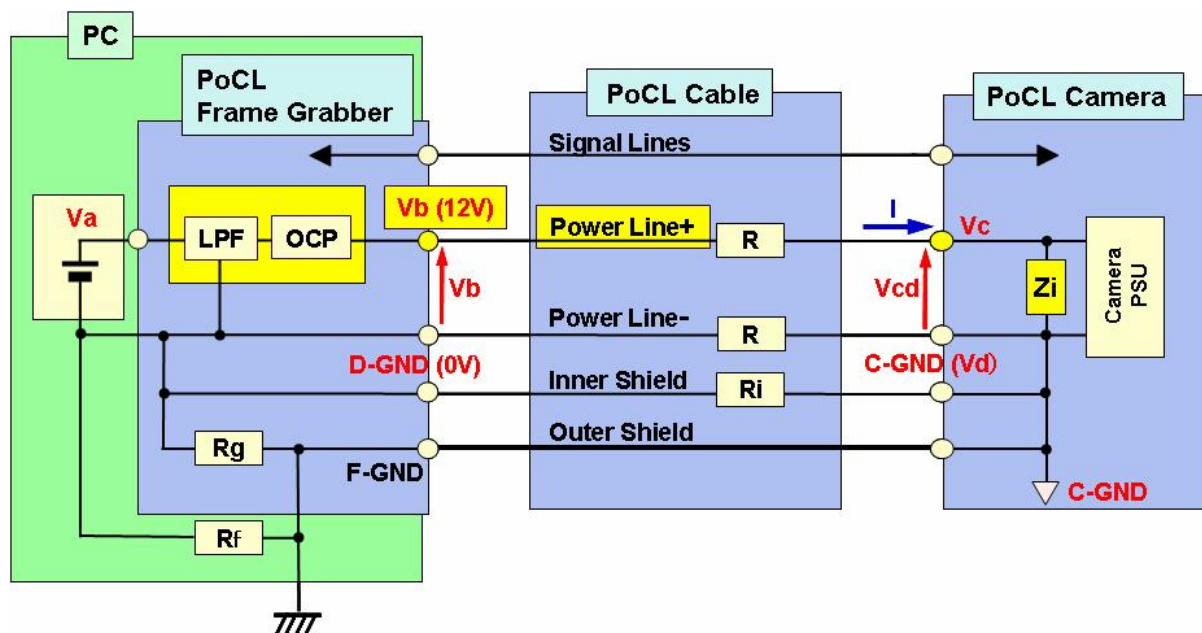
2. PoCL System に関する規定

2.1. 給電能力に関する規定

PoCL System の各 Device の給電能力と消費電力の関係を表 2 に示す。PoCL の給電、伝送能力は最小で 400mA と規定し、カメラの消費電流を 400mA に限定する。これで、total の給電能力を 400mA に制限する。

		Frame Grabber	Cable	Camera
	Unit	supply Capacity	Transmission Capacity	Power Consumption
Current	mA	Min. 400	1,000	Max. 400
Voltage	V	12 ± 1	(Voltage drop) 0.5V /One way	11 ± 1 (V)
Power	W			Max. 4 (@10V)

Chart 2 PoCL Power Supply Capacity



2.2. 給電容量を 400mA に限定する要因

2.2.1. Camera Ground (C-GND) offset

PoCL system の電流容量を制限する第一の要因は wire 自体の電流容量ではなく、Camera Ground (以降 C-GND と呼ぶ) の Frame grabber と Digital Ground (D-GND) との差 (以降この差を Camera Ground (C-GND) offset と呼ぶ) である。この電位差は給電線復路の抵抗上を流れる電流によって生じる電圧降下で、これが Camera と Frame Grabber 間に伝送されるチャンネルリンク伝送信号に Common mode offset として作用する。PoCL System ではこの電位差の許容値を最大で 0.5V と規定した。

チャンネルリンク伝送信号の Common mode offset の最大許容値はその送受信回路の仕様から 0.8V である。PoCL ケーブルで Power Line—に使用する2本の wire は 2.1.1 節に示すように AWB28 に指定されているが、この両端に生じる電位差すなわち、C-GND offset t を 0.5V に限定すれば、その場合の電流値は Fig.1 に示すよう 400mA となる。これが規格で規定する PoCL System の電流容量の根拠である。

Power Line -	2 Drain Wires (AWG28) / 10m
Resistance/m of AWG 28 wire	0.25 (Ohm/m)
Resistance (R) of Power Line -	$R = 1,25$ (Ohm)
Max. Supply Current (I)	$I = 400$ (mA)
Ground Potential Voltage Offset (Common mode offset of Channel Link signal)	$V_d = 0.5$ (V)
Max. allowable common mode offset Channel Link	0.8(V)

Chart 3 Max. Supply Current and Vground Potential Voltage Offset

2.2.2. Common mode offset 0.5V の影響 (Tech.I Report 1: Fast transient test)

C-GND offsetはチャンネルリンク伝送路においてはCommon mode offsetとして、チャンネルリンクが本来有するCommon mode offset許容値0.8Vを減少させるから、外来雑音や電源雑音のような外乱への耐性が弱まる懸念がある。

これに対し、C-GND offsetが0.5Vである場合の外來雑音影響にはTech. Report 1により影響なしと判断できる。また、後者に対しても次節で検証するように電源雑音除去LPFなどの効果でこれも問題はないと判断できる。

2.3. 電源雑音とその対策

2.3.1. 電源雑音の信号伝送への混入

PoCL systemとカメラリンクの基本的な違いは同一ケーブル内での電源伝送の有無にある。従って、信号線への混入については重要な検証事項である。

電源雑音の信号線に混入にはFig.2に示すとおり2つの経路がある。

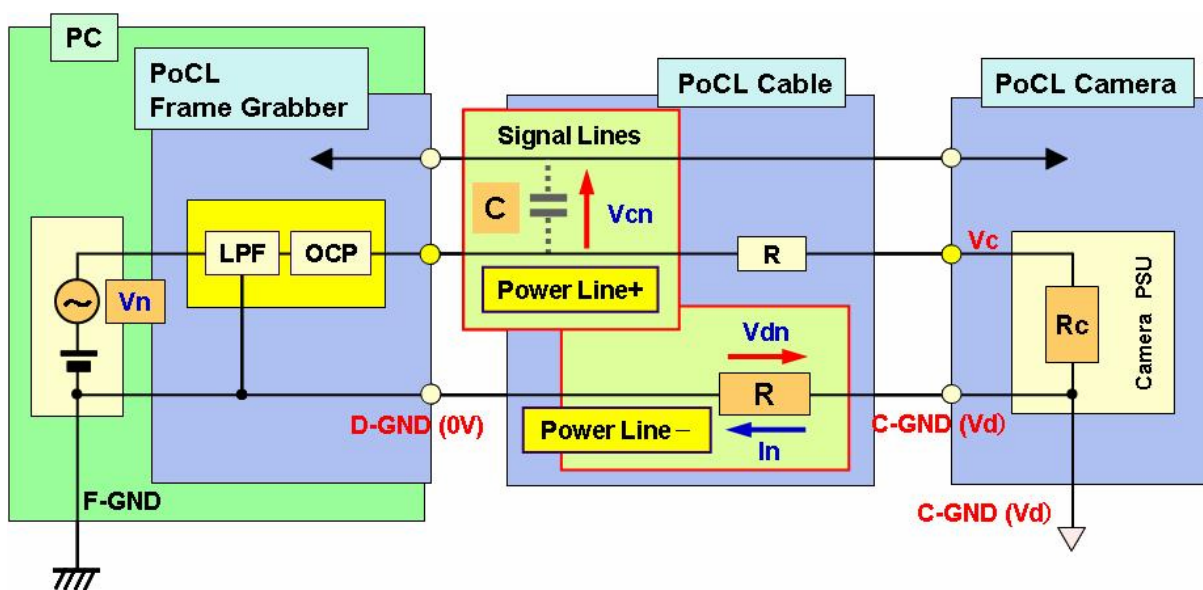


Fig.2 電源ノイズの結合経路

#1: クロストーク雑音 (Fig.2 Vcn)。 (Tech. Report 2: Cross talk measurement)

Power Line+ (往路) から信号線へ混入する雑音で、容量性結合が主たる原因である (Fig.2 C)。 Tech. Report 2によれば、混入の成分は 350MHz 以上の高周波数成分が支配的で、そのクロストークレベル実測値は差動入力値で最大 11% である。なお、PoCL 規格ではこれを 20% 以下と規定している。

#2: カメラグランド (C-GND) 雑音 (Fig.2 Vcd)

Power Line- (帰路) (Fig2. R) で発生する雑音で、信号線と電源線の共通グランド抵抗である R に雑音電流が流れて生じる電圧降下が原因である。なお C-GND v offset はその直流成分にあたる。その雑音の混入率の周波数特性はフラットであり同相雑音として信号に重畳される。

2.3.2. 電源雑音の対策

Fig.2 電源ノイズの結合経路

#1: クロストーク雑音

この雑音 (Vcn) をクロストーク率 20% という値は無視できない大きな値である。しかし、幸いなことに、その成分は 350MHz 以上が支配的であるから、電源雑音除去 LPF でこの影響を除去できる。同 LPF の伝達関数を PoCL 規格で -40dB (1MHz) と規定しているから、同 LPF の効果を含めた総合の雑音混入率は表 4 のとおりとなる。このときこの雑音の伝達率は -54dB、仮に電源雑音を 1V とすれば、信号雑音は 0.002V となり、その影響は十分に排除できる。

	Frequency Range	Input Noise Ratio	LPF Transfer Function	Total Noise Transfer ratio	Total Noise Level (IF Input Noise=1.0V)
Cross Talk Noise level	~350MHz	Negligible small			Negligible small
(Diffencial Mode Noise)	350MHz~	(20%) -14dB	-40dB	-54dB	0.002V
(Common Mode Noise)		(10%) -20dB	-40dB	-60dB	0.001V
Camera-GND Noise Level	~10KHz	-26dB		-26dB	0.05V
(Common Mode Noise)	10KHz~	-26dB	-20dB	-46dB	0.005V
Allowance Level of Differential input noise					±0.1V
Allowance Level of Common mode noise					0.3V (=0.8V-0.5V)

Chart 4 Power Noise and Effect of LPF

#2: カメラグランド (C-GND) 雑音

この雑音は同相入力雑音として周波数依存性なしに影響する。その許容レベルは最大 0.8V だが、C-GND オフセット最大値 0.5V (直流) を差し引くと交流雑音成分の許容レベルは 0.3V に低下する。これに対して C-GND Noise の信号への伝達率は Fig.2 給電回路の抵抗分割比で決まり、以下の通りとなる。

$$\text{伝達率} = R / (R + R_c) \leq R / (R + R_{cmin}) < 0.05$$

(Power Line-の抵抗値 ; $R=2.5 \text{ Ohm}$)

(カメラ相当負荷抵抗値最小値 ; $R_{\text{cmin}}=10\text{V}/400\text{mA} = 25 \text{ Ohm}$)

従って仮に電源雑音を1Vとすれば、信号雑音は0.05Vとなるから、その影響度は無視できる。さらに、高周波成分に対してはLPF効果—20dB(10KHz~)が加わるのでその影響は十分に無視できる(表4)。

2.4. 電流復路としての Outer shield と Inner Shield

2.4.1. C-GND offset 直流成分 と Outer shield

カメラリンク規格では、同ケーブルの Outer Shield をフレームグラバードのグラウンド(Fig.1 D-GND)に直接接続することを禁じている(Fig1. $R_g=0$)。そのため、PoCL 規格での電流復路から Outer shield を除外している。しかし、実質的にはPCに使用するATX電源のグラウンド配線を経由して両者は直流的に接続されている(Fig1. $R_f=0$)。このため、Outer Shield は直流的な電流復路として機能するから、Common mode offset は直流的には実質的に0Vとなる。

繰り返すことになるが、PoCL 規格上は、C-GND offset は最大値 0.5V に達するとした。しかし、実用上は Outer Shield でその値はほぼ0Vとなり、C-GND の直流 offset の問題は実質上解決される。

2.4.2. C-GND offset と Inner Shield

Drain wire に直接短絡する Inner Shield もまた実質的な電流復路を形成する。その抵抗値は Drain wire のおよそ 1/2 であるが、その抵抗値が不定であるため、規格上これを電流復路からは除外している。しかし、実用上は電流復路として十分に機能し、C-GND offset や、C-GND 雑音の影響を半減する効果を有するとみられる。

3. PoCL ケーブルの規定

3.1. ケーブル構成の規定

3.1.1. 給電線材の指定

Power Line \pm に使用する Conductor は AWG28 またはこれと同等以下の抵抗値(25Ohm/10 m)であることと規定した。Power Line \pm は第一に Common mode offset を低減するために抵抗値が小さいことが望ましい。一方で既存のコネクタ(圧着型 MDR、SDR)に適合する最も太い Wire gauge は AWG28 である。従ってこの AWG28 ワイヤを Power Line \pm に使用する Conductor に指定した。

3.1.2. 給電線から信号線へのクロストークの規定 (Tech. Report 2: Cross talk measurement)

当規格案ではクロストーク率を20%としたが、これは信号 PoCL ケーブルのサンプルの実測結果(クロストーク率=11%)に余裕を持たせる形で規定したものである。また、2.2 節 表4 で述べたとおり、クロストーク率20%という規定は電源雑音除去 LPF の効果とあわせて、電源雑音の信号線へのクロストークの影響を十分に排除できるレベルである。

Tech. Report 2 にその実験結果を示す。なお、同報告の要約は以下の通りである。

クロストーク率 11%

クロストーク率の周波数成分 350MHz以上の成分が支配的(ステップ応答から推定)

3.1.3. ドレイン線を4本から2本に削減する影響の確認 (Tech. Report 3: EMI test)

Tech. Report 3 により、ドレイン線を4本から2本に削減する影響は認められなかった。

3.1.4. 給電線の総給電容量を1Aとする根拠

PoCL 規格では給電電流を 400mA に限定しているが、2.1 節では、ケーブルの伝送容量にはこれを上回る1Aと定めた。ケーブルの物理的な伝送容量は基本的にコネクタピンで規制された1A/2ピンであるので、これをそのまま流用した。

4. PoCL フレームグラバーの規定

4.1. 給電電圧範囲に関する規定

給電電圧の規定案を $12V \pm 1V$ としたが、これは ATX 電源規格 $12V \pm 5\%$ に LPF や OCP 回路の追加による電圧降下を想定して、余裕をプラスして作成した値である。なお、給電電圧最小値 11V、最大通電電流 400mA 通電時の PoCL ケーブル往復路(抵抗値 2.50 Ω) の電圧降下は 1V であるから、カメラの受電電圧は最小値の 10V となる。

4.2. 電源雑音除去 LPF の設置要求

4.2.1. LPF の設置の必要性

電源雑音除去フィルタ設置の必要性は以下の2点ある。

#1: カメラへ電源雑音が混入するのを防止する。微弱なアナログ信号を扱うカメラへの配慮である。

#2: チャンネルリンク信号伝送を PoCL ケーブルに起因して混入する電源雑音から守ること。

電源雑音の混入経路とその性質。

#2-1: Power Line から信号線へのクロストーク。(Tech. Report 2)

クロストークの要因は主として容量性結合であり、350MHz 以上の成分が支配的である。

直接差動入力雑音としての影響が大きい。

ケーブルのクロストーク規格は 20% 以下。

#2-2: カメラグランドオフセットに重畳する電流雑音。

雑音電流が Power Line (帰路) に発生させる電圧降下が原因。周波数特性はフラット。

同相雑音として信号に重畳する。

混入率は最大で $0.5(V) / 10.5(V) \leq 5\%$

さて、LPF の伝送規格だが、これは上記2つの目的を果たせるようフレームグラバーへの実装上の負担とならない範囲で極力低周波の遮断周波数を持たせた。その規定に沿った LPF は、以下のとおり PoCL ならではの問題である #2 の雑音軽減効果を十分に果たせる。

まず、前者の雑音だが、その対象となる 350MHz 以上の高周波の雑音成分に対して、この LPF の伝達特性は少なくとも 40dB @ 1MHz であり、クロストーク率 20% 以下とを併せることでクロストーク比率は -54dB 以下となる。

ついで後者の場合だが、10KHz以上の雑音成分に対して、このLPFの伝達特性は20dB@10KHzであるから、混入率5%とを併せることで総合の混入率-46dB以下が得られる。

なお後者の雑音のうち10KHz未満の低周波成分は、これが仮に1V程度であっても、混入する雑音レベルは0.05Vである。この程度と同相雑音であればチャンネルリンクレシーバーの同相雑音除去機能で十分対応可能である。

4.2.2. 電源雑音除去LPFの具体例

(Tech. Report 4: 電源雑音除去LPFの具体例)

4.3. 過電流保護機能の設置要求

過電流保護回路はPoCLシステムに対してカメラリンクケーブルを誤使用した場合に生じる短絡電流からフレームグラバ側電源回路を保護する役割を担うもので、その設置義務はPoCL規格のカメラリンク規格へのBackward Compatibilityを保証するものとして不可欠である。

過電流保護回路の規格は、短絡事故時に生じる最大の突入電力量を360mJとすることで規定する。

4.3.1. 過電流保護回路特性の規定(最大突入電力の規定)

最大突入電流360mJの規定はATX12V電源の規定である最小容量負荷5000uFに対する耐性をもとにして、5000uF負荷への突入電力量の1/2を目安として定めた。

ATX12V電源の最小負荷容量の規定 = 5000uF

12V電源(V)から容量5000uF(C)への充電電力量 = $C \cdot V^2 = 720\text{mJ}$

4.3.2. 過電流保護回路の具体例

Resettable Switch 方式

(Tech. Report 5: 過電流保護回路の具体例 1)

Resettable Switch + LPF 複合回路

(Tech. Report 6: 過電流保護回路の具体例 2)

ケーブルセンシング方式

(Tech. Report 7: 過電流保護回路の具体例 3)

5. PoCL カメラの規定

5.1. カメラ電源回路の検査電圧

過電流保護機能、ケーブルセンシング方式のためのカメラ規定(TBD)

検査基準電圧 ==> 10KΩ±10%

最大容量値 ==> Max.50uF

以上