

## リモート IO ホロニックハブの修理

### REPAIRS OF REMOTE IO HOLONIC HUB DEVICES

古川靖士<sup>#</sup>, 栗田哲郎, 山田裕章, 淀瀬雅夫, 廣戸慎, 清水雅也, 澗上隆太, 小田部圭佑, 羽田祐基, 北上悟,  
石井勇揮, 羽鳥聡

Seiji Furukawa <sup>#</sup>, Tetsuro Kurita, Hiroaki Yamada, Masao Yodose, Makoto Hiroto, Masaya Shimizu, Ryuta Fuchigami,  
Keisuke Otabe, Yuki Haneda, Satoru Kitajyo, Yuki Ishii, Satoshi Hatori  
The Wakasa Wan Energy Research Center

#### Abstract

Power sources for electromagnets are remotely controlled by the wire-saving system “Holonnic Hub” at the accelerator facility at the Wakasa Wan Energy Research Center. The system has been used for more than 20 years, that causes a spate of troubles of remote I/O devices such as ADC, DAC, DI and DO. The company which developed the system had already withdrawn from the system, therefore, the devices cannot be maintained. Although a new system should replace the Holonic Hub, we continue to use Holonic Hub system for financial reasons. We found that DC-DC converter and transceiver IC used in the remote I/O devices are liable to cause failure. We can obtain comparable or substitute products for the components. It is confirmed to inexpensively maintain the remote I/O devices by replacement of DC-DC converter and/or transceiver IC. The confirmation of the maintenance allows us to continue to use the Holonic Hub system. In this report, we will give the explanations of the access to the DC-DC converter and transceiver IC inside of the devices, the way to replacement the components and the test of the communication. We have repaired 19 remote I/O devices by ourselves. 18 replacement devices except one of which processing IC was broken are available for use.

#### 1. はじめに

若狭湾エネルギー研究センター (WERC) 加速器施設は 200 kV イオン注入装置、5 MV タンデム加速器とそのビームライン、タンデム加速器を入射器とする 200 MeV 陽子シンクロトロンとそのビームラインからなる。Figure 1 に WERC の加速器とビームラインの概要を示す。

施設建設の進め方により、施設はタンデム加速器、低エネルギービーム輸送系 LEBT、シンクロトロン、高エネルギービーム輸送系 HEBT、照射室 3&4 内ビーム輸送系 IRBT 及びタンデムビーム利用系に分かれる。加速器

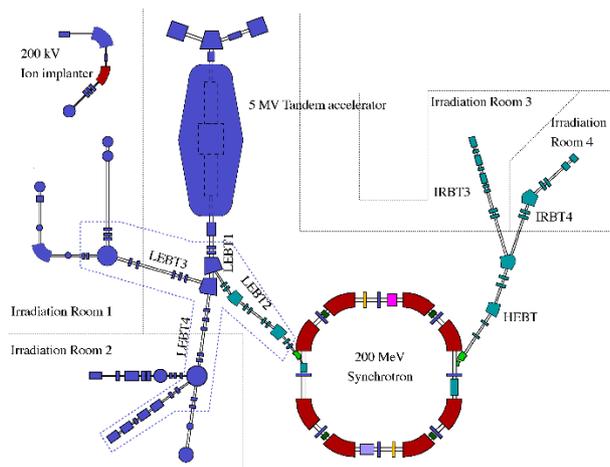


Figure 1: Schematic layout of the accelerator system at WERC.

<sup>#</sup> sfurukawa@werc.or.jp

やビームラインの制御も {イオン源、タンデム加速器}、{シンクロトロン、LEBT、HEBT、IRBT}、{タンデムビーム利用系} の 3 つにグループ分けされている。

シンクロトロン、LEBT、HEBT、IRBT の電磁石電源の遠隔制御にもちいられているのが、省配線システム「ホロニックハブ」である。

建設開始から 26 年を経た現在、リモート IO 機器 (デジタル I/O、アナログ処理機能付きデジタル I/O) の故障が相次いでいる。ホロニックハブに代わるシステムに置き換えるべきだが予算上現実的ではない。故障の主な原因をつきとめ、代替品を用いて修理可能であることがわかったので、システムの延命措置をとることとした。

本稿では、ホロニックハブシステムとそれを用いた実際の制御の概要、リモート IO 機器の故障原因、修理方法について報告する。

#### 2. ホロニックハブ

ホロニックハブはホロン株式会社独自の省配線システム (二線式) であり、ホロン社独自のプロトコルを用いている。Table 1 に一般仕様をまとめる。

Table 1: General Specification of Holonic Hub

Transmission system	RS-485
	2-wire-half-duplex
Maximum node	64
Ping speed	slow 17.4~34.8 ms
	fast 4.35~8.7 ms
Transmission distance	slow maximum 2000 m
	fast maximum 600 m
Topology	Multi drop
Protocol	Original (Holonnic hub)

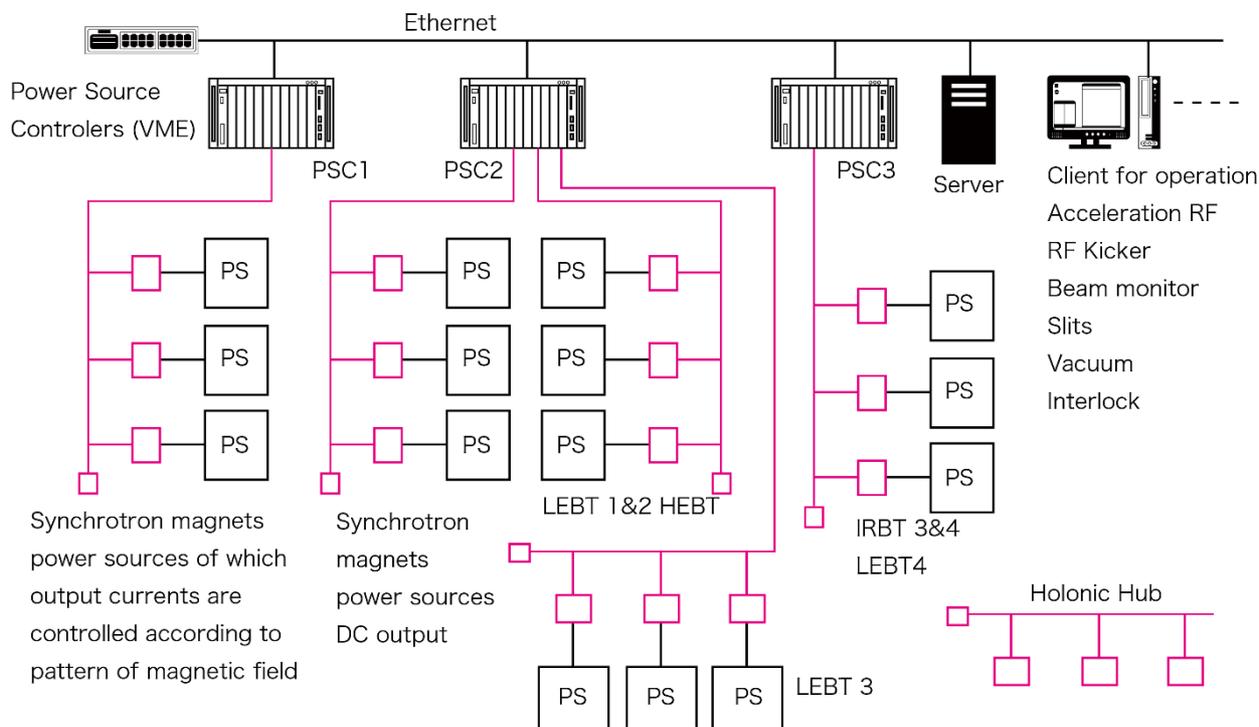


Figure 2: Control system of power sources of electromagnets by using Holonic Hub.

Figure 2 にホロニックハブを用いたシンクロトンやビーム輸送系の電磁石電源の制御系の概要を示す。使用されているホロニックハブのリモート IO 機器は

- 入力専用ユニット (DI: TM-32P) 22 台
  - 出力専用ユニット (DO: TM-32T) 19 台
  - アナログ処理機能付き入出力ユニット (アナログ入力 ADC: TM-ADC(H1)) 41 台
  - アナログ処理機能付き入出力ユニット (アナログ出力 DAC: TM-DAC(H1)) 41 台
- である。2015 年から 2023 年の間に、TM-32P 1 台、TM-

32T 3 台、TM-ADC 4 台、TM-DAC 3 台が故障している。

### 3. 故障原因となるモジュール

Figure 3 は TM-ADC(H1) の内部回路の構成図である。ホロニックハブシステムを共同開発した壬生電機株式会社の調査により RS485 トランシーバー IC が故障していることがわかった。トランシーバー IC には MAXIM 製 MAX485 が用いられている。現在、MAX485 や互換性のある MAX1487 は入手しにくく、Linear Technology 製 LT1487 に置き換えられつつある。

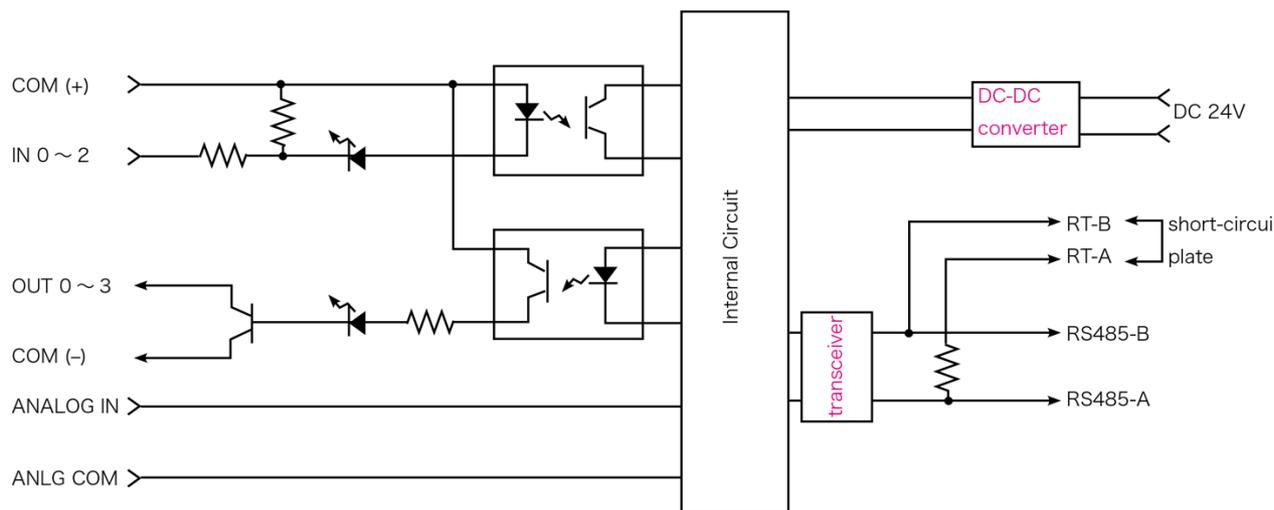


Figure 3: Circuit configuration of TM-ADC(H1).

さらに、近年制御機器の修理を広くてがけている京西テクノス株式会社の調査により、DC-DC コンバーターの不具合が故障のもうひとつの原因であることがわかった。DC-DC コンバーターにはホロン社の 2H300-24S05 が用いられているが、現在入手不可能である。京西テクノスの調査によれば、パッケージディメンション、ピンアサインが全く同じものが、台湾の YCL 社から品番も同じ 2H300-24S05 が利用可能である。TM-32P/T の故障もほとんどの場合、原因はトランシーバーIC か DC-DC コンバーターの不具合にある。TM-32P/T の DC-DC コンバーターには COSEL 社の ZUS1R52405 が用いられている。ZUS1R52405 は 2023 年 11 月に生産が中止されているので、いずれ代替品を検討しなければならない。同じく COSEL 社の MGS1R52405 が代替品として用意されているがパッケージデザイン、ピン配置が異なるので、配線変更の必要がある。

ホロニックハブ IO 機器へ DC24V を供給している DC バス電源もしばしば故障する。DC バスラインの改善がホロニックハブシステムの延命に資する可能性がある。

## 4. 修繕方法

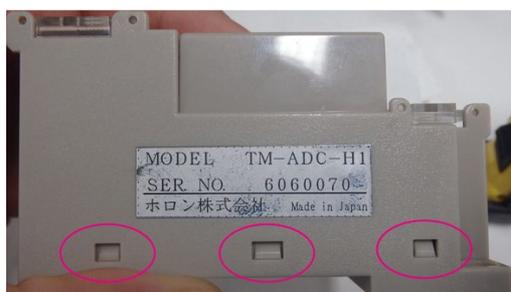
### 4.1 TM-ADC/DAC

ケースの底カバーを外す。6ヶ所に爪があるので、マイナドライバーなどを使って爪を押し開け方向にこじるようにする。6ヶ所とも少しずつ行うとよい。開いてくると底カバーが浮いてくる。(Fig. 4)。

DC-DC コンバーターやトランシーバーIC を交換するために基板を取り外す。22p ピンヘッダー近くのケースを一部リューターやノコギリでカットする(Fig. 5)。

基板の 22p ピンヘッダー、外部端子(DC24V 入力、ターミネーター短絡板、RS485-A&B) 接続部の半田を専用吸い取り器で完全に取り除くとDC-DC コンバーターやトランシーバーIC 搭載部基板を取り外すことができる。

基板を取り外せば、DC-DC コンバーターやトランシーバーIC は容易に交換することができる(Fig. 6)。交換後は逆の手順で組み立てていく。ケースを切り欠くことで底カバー係止爪用穴が2つ失われたがカバーの固定に問題はない。



(a) locking crawls.



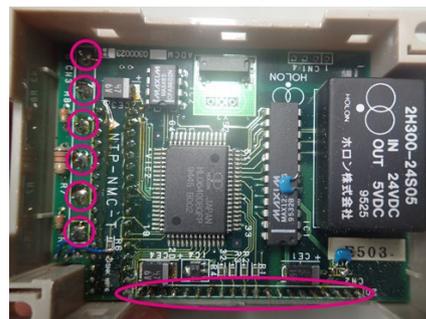
(b) push the crawls and lever open the cover.



Figure 4: Remove the covers from the frame body. Bottom cover is fixed to the frame body by 6 locking crawls. By using flathead screw driver, you may push all the craw and lever open the cover gradually. All the crawls being disengaged from holes, cover comes off.



(a) Cut a part of frame body near 22 pin header.



(b) Remove solder.



Figure 5: Remove the substrate with DC-DC converter and transceiver IC from the frame body.

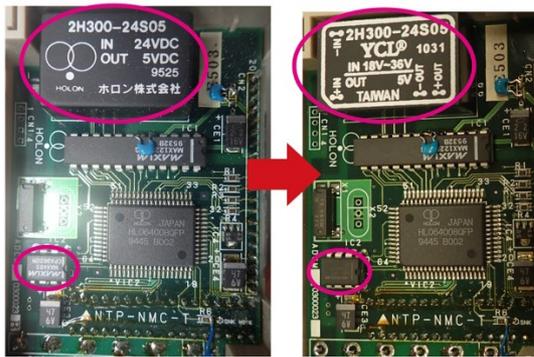


Figure 6: Replacement of DC converter and Xceiver IC.

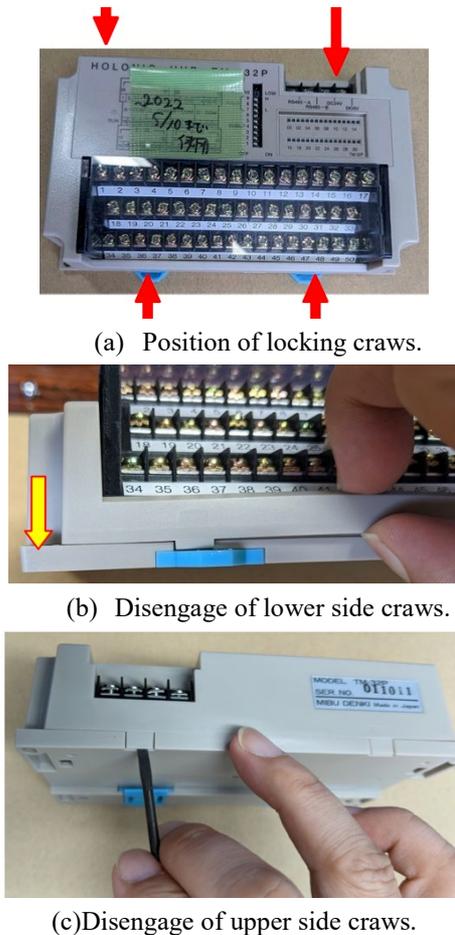
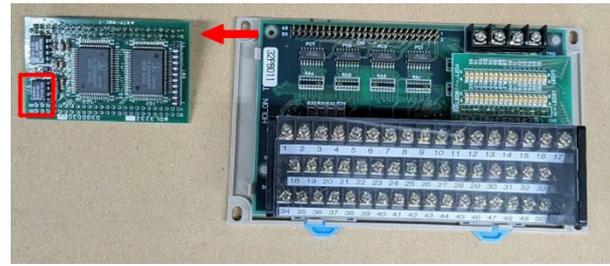


Figure 7: Remove cover from the frame of TM-32P/T.

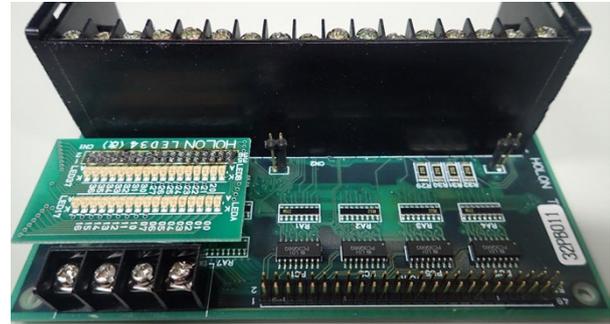
#### 4.2 TM-32P/T

上下4ヶ所の係止爪を外せばカバーは外れる(Fig. 7)。下側端子台側の爪は Fig. 7(b)の位置を指でつまむとはずしやすい。上側の4P端子台側の爪はFig. 7(c)の位置にマイナスドライバーなどを入れると外れる。カバーを外すと基板が現れる。

処理回路 IC(Holon IC) やトランシーバーIC が搭載された基板はコネクタで接続されているので手で外すことができる。DC-DC コンバーターは LED 基板の下にある。LED 基板はハンダ付で固定されているのでハンダを取り除く。TM-ADC/DAC 同様、トランシーバーIC と DC-



(a) Remove Xceiver IC board.



(b) DC-DC converter is under LED board.



(c) After removing LED board, converter appears.

Figure 8: Access the Xceiver IC and DC-DC converter in the frame of TM-32P/T.

DC コンバーターを交換する(Fig. 8)。

## 5. RS485 信号試験

### 5.1 試験セットアップ

ホロニックハブリモート IO 機器の RS485 信号試験を行う。リモート IO 機器には信号入力を行わず DC 24V (170 mA)電力供給のみを行い、RS485 テストパルスをおシロスコープで観察する。オシロスコープの入力 1, 2 にはそれぞれリモート IO 機器の RS485-A、RS485-B を接続する。RS485-A、B 間は終端抵抗回路を短絡するようにする。オシロスコープ入力間にも 120 Ω の終端抵抗を接続する(Fig. 9)。すべての DIP スイッチを OFF にする(速度モードは標準(高速)となる)。

### 5.2 RS485 搬送波の確認

オシロスコープの演算機能の中の減算機能を用い、RS485 のディファレンシャル信号を測定する。このテストでは 15 kHz でパケット信号が出力されているが、テスト受信時には約 29 kHz で

- TM-32P/T 17 パケット
- TM-ADC 9 パケット

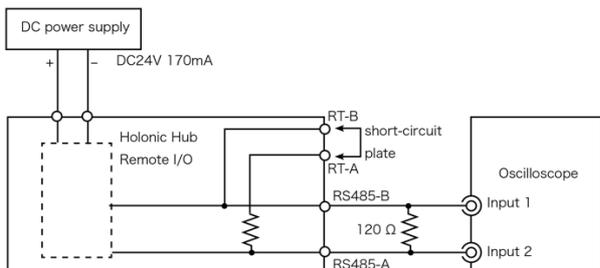
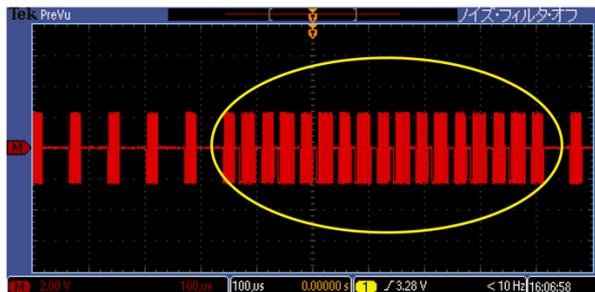
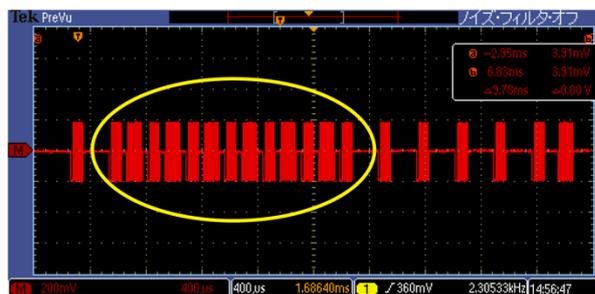


Figure 9: Test circuit for RS485 signal.



(a) Normal signal, 17-packet-Xceiving signal.



(b) Abnormal signal, 4 packets lost.

Figure 10: Transceiving test signals of TM-32P/T.

● TM-DAC 5 パケット

が送受信される。

19 台のリモート IO 機器に対し DC-DC コンバーターおよびトランシーバー IC の交換修理を行い、信号試験を行った。Figure 10 は RS485 でファレンシャル信号の例である。18 台は信号試験に合格したが(Fig. 10(a))、1 台の TM-32 は 13 パケットと送受信信号が欠落する結果となった(Fig. 10(b))。

この1台について、RS485 通信データの追跡を行なった。レベル変換 IC を経由して Holon IC まで届いていることは確認されている。したがって、Holon IC が故障していると考えられ、この1台に関しては修理不可能となった。

6. まとめ

若狭湾エネルギー研究センター加速器施設では、シンクロtronやビームラインの電磁石電源の遠隔制御に RS485 準拠省配線システム「ホロニックハブ」が用いられている。ホロニックハブは開発者がすでに事業から撤退していてメンテナンスが困難な状態にある。しかしリモート IO 機器の故障の多くが制御電源用の DC-DC コンバーターや RS485 通信用のトランシーバー IC の不具合によるものであることがわかり、これらのデバイスは代替品が存在し交換することで修理可能である。機器の修理方法と検査方法を確立した。

謝辞

ホロニックハブリモート IO 機器の修理方法を確立するにあたり、不具合箇所の特定、交換部品の調査などで

- 轟産業株式会社
- 京西テクノス株式会社
- 株式会社壬生電機製作所

には、多大なるご協力をいただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。