

低コスト・省配線なインターフェースを用いた 加速器インターロックシステムの構築

CONSTRUCTION OF AN ACCELERATOR INTERLOCK SYSTEM USING A LOW-COST, REDUCED-WIRING INTERFACE

小川博嗣^{#,A)}, 鈴木良一^{A)}, Brian E. O'Rourke^{A)}, 木野村淳^{A)}, 大島永康^{A)}, 西島俊二^{A)}, 河西勇二^{B)}
Hiroshi Ogawa^{#,A)}, Ryoichi Suzuki^{A)}, Brian E. O'Rourke^{A)}, Atsushi Kinomura^{A)}, Nagayasu Oshima^{A)},
Toshiji Nishijima^{A)}, Yuji Kasai^{B)}

^{A)} Research Institute of Instrumentation Frontier,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

^{B)} Information Technology Research Institute,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Abstract

In AIST, an interlock system of the accelerator was constructed using a serial bus communication system. Substantially reduced wiring was able to be performed as compared with the system before use, by using a low cost interface.

1. はじめに

加速器のインターロックシステムは、各種センサー、アクチュエータ、運転表示灯等の制御を高い信頼性で頑健かつ安定に運用することが求められる。これらの制御機器とインターロックのコントローラとを接続する信号ケーブルの配線数は、小規模な施設でも数百を超え、規模が大きい施設ほど、配線数およびケーブル長は膨大となり、ケーブル配線・接続の工数およびコストが多岐である。産業技術総合研究所（産総研）低速陽電子ビーム利用施設では、産総研・情報技術研究部門が開発した低コストで高速かつノイズに強いシリアルバス通信のシステムを用いてシリアルバスケーブルで複数のインター

フェースを接続し、制御機器の付近に設置したインターフェースを介してコントローラと各種機器の通信を行う方式により従来のシステムと比較して大幅な省配線化を行った。まず、低速陽電子ビーム利用施設について紹介し、次に新規に導入したインターロックシステムについて説明する。

2. 低速陽電子ビーム利用施設の概要[1]

産総研では、陽電子ビームの生成に電子線形加速器を用いており、²²Na 等の放射性同位元素を用いた陽電子発生法と比較して1桁以上強度の強い低速陽電子ビーム (10^7 - 10^8 e⁺/sec) が得られる。この高強度陽電子ビームを用いて陽電子寿命測定(Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy: PALS)等の分析手

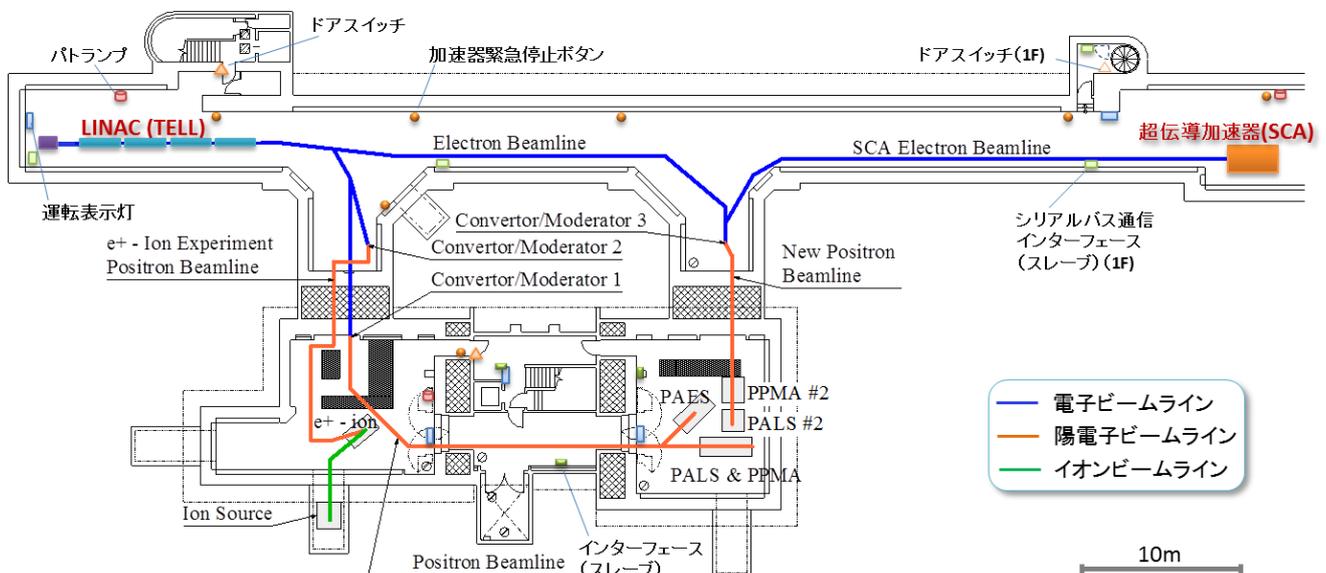


Figure 1: Layout of the slow positron beam facility in AIST.

[#] ogawa.h@aist.go.jp

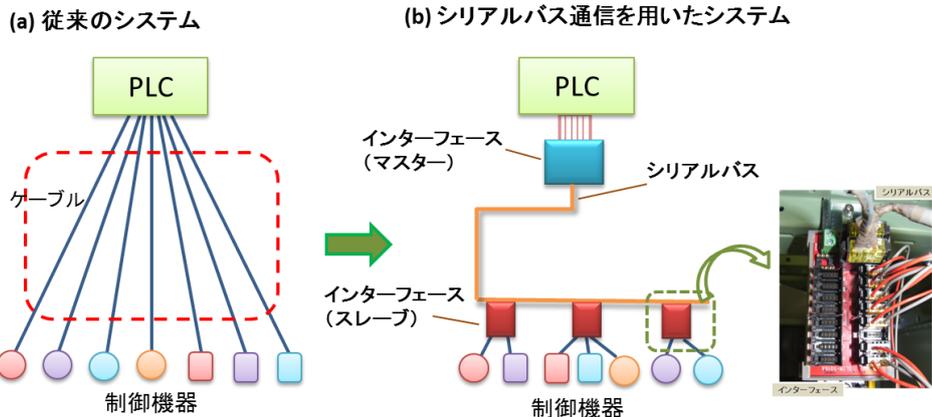


Figure 2: Reduced wiring by using a serial bus communication system.

法により、原子空孔、分子間空壁などの評価や物質最表面の(不純物)元素および化学状態の分析の研究を行っている[2,3]。最近では、陽電子ビームラインにイオンビーム源が併設され、試料へのイオン照射損傷導入中にその場で陽電子寿命が測定できるユニークな実験が可能になっている[4]。更に、低速陽電子ビームの輝度増強法が開発され[5]、陽電子ビーム集束技術の高度化により、陽電子プローブマイクロアナライザー (Positron Probe Microanalyzer: PPMA)[6]を実現するとともに、陽電子マイクロビームを真空から大気中に引出し、大気中の実環境下でその場観察が可能な大気 PPMA (Atmospheric PPMA: A-PPMA)[7]の開発に成功するなど、最先端の研究が展開されている。

陽電子発生用の電子加速器としては、1979年から稼働している常伝導の線形加速器 TELL (~70MeV) およびその反対側に開発中の超伝導加速器[8]が設置されている (図 1)。次章では、これらの加速器のインターロックシステムに採用したシリアルバス通信システムについて述べる。

3. シリアルバス通信システムを用いた加速器インターロック

3.1 産総研開発のシリアルバス通信システムの概要

産業用ロボットや半導体製造関連装置などの産業機器内では、一般に数百以上のセンサーやアクチュエータ、モータードライバー等が用いられており、これらを接続するのに多数の制御用信号ケーブルが使用されている。この配線関連作業は、産業機器の製造時間の半分以上を占めるため、機器内配線の省配線化技術に対して高いニーズがあった。産総研・情報技術研究部門では、この課題を解決するため独自にシリアルバス通信システムを開発した[9-11]。当システムを用いることにより、装置内の多数の制御装置をインターフェースに接続し、1本のシリアルバスケーブルで接続されたインターフェースを介してコントローラとの通信を行うことで大幅な省配線化が可能になっている。通信プロトコルは、産総

研で開発したタイムトリガー方式をベースにしたシリアルバス通信を用いており、頑健性、実時間性と高速性を兼ね備えている。当通信システムでは、シリアルバスに通信を中断するような強力なノイズが入ってもノイズの解消後 0.3ms 以内に通信が再開できるので、従来のシリアルバス通信で課題となっていたノイズに起因する通信異常の問題が解決され、高速で実時間性 (通信遅延 0.2ms 以下、通信速度 2Mbps) かつ、信頼性の高い通信が可能である。(さらに、高速処理が可能な CPLD (Complex Programmable Logic Device) や専用 LSI を用いれば、1~2 桁の速度向上が行える。) また、汎用の電子部品のみでインターフェースが構成できるため、従来のシステムに比べて、製造コストを 1/5 ~ 1/10 に抑えることが出来ている。

3.2 シリアルバス通信による加速器インターロックシステム

産総研・低速陽電子ビーム利用施設では、超伝導加速器等の新規な装置の導入やエネルギー効率が悪い旧式の装置を最新の省エネ機器に更新するなど施

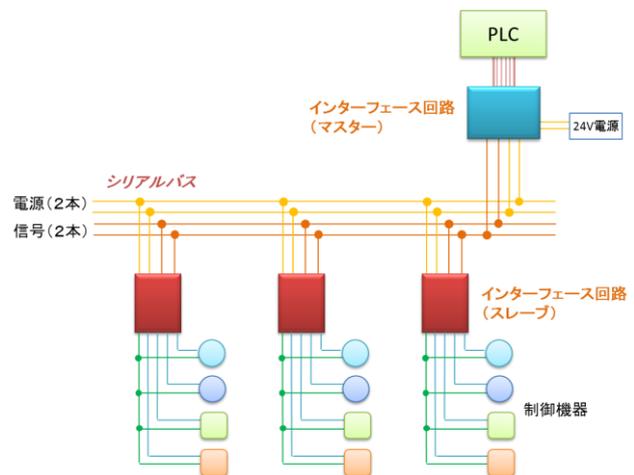


Figure 3: Outline of the connections of the serial bus communication system.

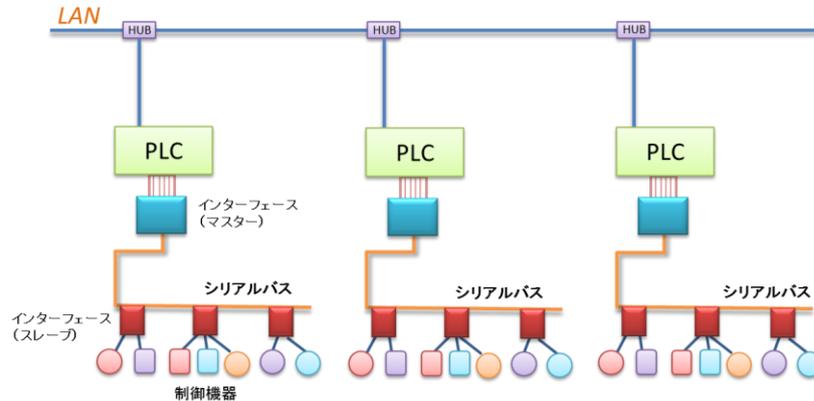


Figure 4: Serial bus communication system by LAN connection.

設の維持のみでなく加速器の性能向上や省エネ化に取り組んでいる。これらの装置の新規導入・変更に伴い、インターロックシステムを更新する必要があるが、従来のシステムでは更新作業が困難で、新たにシステムを構築する必要があった。図 2 (a)に示すように、従来のインターロックシステムは、PLC(Programmable Logic Controller)等からの制御信号を制御機器ごとに信号ケーブルを繋ぐ旧来の設計で構成されていた。ケーブル長は、長いケーブルで 70m 以上あり、配線作業にコストと多大な労力がかかっていた。

3.1 章で述べたシリアルバス通信システムは、産業機器の装置内の省配線化を目的に開発されたものであり、それと比べて加速器施設はスケールが 1 ~ 2 桁以上の大きさではあるが、既存の信号ケーブルをシリアルバスケーブルとインターフェース基板に置き換えるだけで簡単にシステムを変更できる。また、ノイズ耐性・高速性などの仕様を十分満たしている理由により、当施設のインターロックシステムとして採用した。

PLC のプログラマブルコントローラは、OMRON SYSMAC CJ1M-CPU13 を使い、I/O ユニット (DC24V 入力ユニット(CJ1W-ID262)およびトランジスタ出力ユニット(CJ1W-OD263)) の各外部端子をフラットケーブル(40pin)によりシリアルバス通信システムのインターフェース基板 (マスターノード) と接続する。これらの信号は、マスターノードからシリアル信号ケーブルを通じてインターフェース基板 (スレーブノード) と通信を行う。スレーブノードは、入力(SLIM-SI16A)と出力(SLIM-SO16A)用のインターフェースが有り、各基板のチャンネル数は 16ch で、1 台のマスターノードに接続できる最大のスレーブノード数は、入力/出力ともに 6 台である。

出力インターフェース(SLIM-SO16A)の DC24V 出力信号を利用してアクチュエータやリレー等の制御を直接行うことができる。運転表示灯はこれまで外部から電源を供給し、蛍光灯を用いたタイプであったが、LED を用いたスリムな省エネタイプの表示灯を設計・製作し、9 台の運転表示灯を更新した。出力インターフェースの出力信号(DC24V)を LED 表示

灯の供給電源として利用することにより、コンパクトなシステムが構築でき設置作業の短縮化が行えた。

シリアルバス通信システムの接続の概要を図 3 に示す。ノイズ耐性を高めるため差動伝送が採用されており、シリアルバス信号ケーブルは波形歪みが小さくできるバス接続の方式を採用している。また、マスターノードからスレーブノードへの電源供給 (DC24V) が可能な構成になっている。

図 4 に示すように PLC や PC 等のコントローラを LAN に接続することにより、本システムを大規模な施設に適用することができるが、当システムでは、LAN 接続を用いない PLC 1 台のシンプルな構成でインターロックシステムを構築した。各種センサー、制御機器 (ドアスイッチ、パーソナルキー、緊急停止ボタン、運転表示灯など) の制御 I/O 点数は 200 以上あり、インターフェース基板 (マスターノード) 2 台を用いてこれらの機器の制御を行っている。また、加速器に当システムを適用するにあたり、加速器関連機器から発生するノイズがインターロックシステムに影響を与えない様に、リレー等を介してインターフェースと制御機器を絶縁して接続した。これにより、システムの安定動作が実現している。

4. まとめ

産総研・低速陽電子ビーム利用施設では、シリアルバス通信を用いたインターロックシステムを構築した。従来のシステムと比較して、ケーブル配線の大幅な削減ができ、低コストなインターフェースを用いてシステムの更新も簡便に行うことができる。

当施設の先端計測装置は、陽電子ビーム利用材料評価コンソーシアム[12]、先端機器共用イノベーションプラットフォーム(IBE)[13]、ナノテクノロジプラットフォーム[14]などを通じて広く利用公開されているが、加速器インターロックとして今回導入したシステムが用いられている。当システムは頑健かつ安定に動作しており、高信頼性が要求される加速器の運用に対しても高い有効性が実証されている。

参考文献

- [1] N. Oshima et al., “産総研陽電子ビーム利用施設の現状”,
Proc. of the 9th annual meeting of PASJ, 888-890, 2012
- [2] R. Suzuki et al., Jpn. J. Appl. Phys. 30, L532 (1991).
- [3] T. Ohdaira et al., Appl. Surf. Sci. 116, 177 (1997).
- [4] A. Kinomura et al., Phys. Procedia 35, 111 (2012).
- [5] N. Oshima et al., J. Appl. Phys. 103, 094916 (2008).
- [6] N. Oshima et al., Appl. Phys. Lett. 94, 194104 (2009).
- [7] W. Zhou et al., App. Phys. Lett. 101, 014102 (2012).
- [8] B. E. O'Rourke, et al., J. Phys.: Conf. Ser. 262, 012043
(2011).
- [9] 河西勇二他、「シリアルバス伝送システム」特許
4999006号
- [10]http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2009/pr20090225_2/pr20090225_2.html
- [11] 河西、村川: 産総研 TODAY 2009-6, p.17
- [12] <http://unit.aist.go.jp/riif/adcg/p.pdf>
- [13] <http://www.open-innovation.jp/ibec/>
- [14] <http://unit.aist.go.jp/riif/openi/nanotech/index.html>