

ITV システム及びインターロックシステムの運用

○横田光弘^{A)}、野々村美貴^{A)}、小淵隆^{A)}、林浩^{A)}、三宅均^{A)}
A) 核融合科学研究所 技術部

概要

核融合科学研究所（以下核融合研）の大型ヘリカル実験装置（以下LHD）は、昨年度で重水素実験が終了した。平成29年度の技術研究会ではこの重水素実験のための「ITVシステムの更新及びインターロックシステムの構築」について報告した[1]が、今回はその後の運用とトラブル事例について報告する。また、ITVシステムやインターロックシステムと関係が深い入退管理システムについても併せて報告する。

核融合研では、LHDに係る管理区域の出入りを管理するための管理区域入退管理システム（以下入退管理システム）と、大型ヘリカル実験棟の管理区域を除く監視区域及び実験棟や研究棟、管理棟を含む周辺建屋の出入り管理を行う大型ヘリカル実験棟周辺建屋管理システム（以下周辺建屋管理システム）のふたつがある。ふたつのシステムは管理する者の違いに応じて別々の認証方式を採用している。入退管理システムは放射線業務従事者が携帯する個人線量計に貼った専用のQRコードを、周辺建屋管理システムは職員証（カードキー）を使って認証を行っている。今回はインターロックシステムと直接関係する入退管理システムについて言及する。

1. 各システムの概要

1.1 ITV システム

ITVシステムは、LHDの各種装置が安全に稼働しているか目視確認するために設置されている。システムの主要部品であるカメラは設置や増設のし易さからPoE（Power over Ethernet）対応のネットワークカメラとし、専用のネットワークを構築している。

既設ITVの一部については、配線が建物建設時に壁面等に埋め込まれているものがあり、特に本体室上部は新たにケーブル敷設することが難しいことか

らPoE機能を内蔵した同軸-LANコンバータを使用する構成になっている（図1）。カメラ映像は、このネットワークに接続したレコーダで録画すると共に操作端末で見ることができる。

1.2 入退管理システム

入退管理システムは、管理区域に設置された51扉の開閉と人の出入りを管理している。管理区域内は8区画に分かれており、9か所11扉に専用のQRリーダーが設置されている。このリーダーに個人線量計に貼られたQRコード（図2）をかざすことにより許可された人が入退室できる。LHD実験中に入室が禁止さ

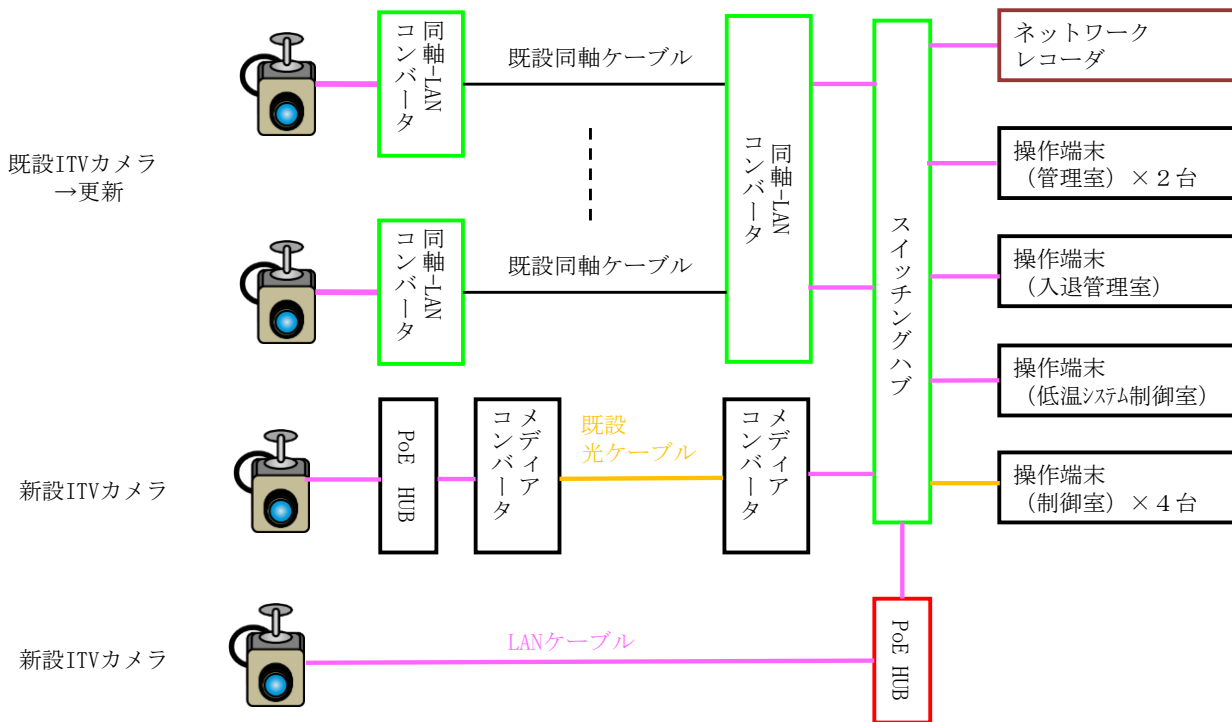


図1. ITVシステムの構成



SQRC シール
黒い部分に QR コードが印刷されている

図2. SQRC シールが貼られた個人線量計

れる3区画と管理区域の出入口には入退ゲートを設置すると共にアンチパスバック機能を設定することにより、厳格な入域管理を行っている。アンチパスバック機能とは、入退管理システム入室時(または退室時)の認証記録が確認できないと退室(または再入

室)できないようにする機能である。また、入域者の手足の汚染を確認するためのハンドフットクロスモニタと連携し、汚染がないことが確認されないと管理区域から退室することができない。使用しているQRコードは、データの読み取り制限機能を持ったQRコード(SQRC) [2]を採用し、なりすましを防止している。

1.3 インターロックシステム

インターロックシステムは、放射線管理機器の状況を監視し、異常が発生した場合に実験を停止させると共に汚染の拡大を防ぐためのものである。このため、LHD実験の中核である中央制御装置が設置されている制御棟や、監視対象機器が設置されている大型ヘリカル実験棟内各所で信号のやり取りが必要となる。大型ヘリカル実験棟は東西130m、南北97m、高さ49mの大きな建物であり、制御棟とは100m程離れている。このため、大型ヘリカル実験棟に5か所、制御棟に1か所制御盤を設置し、制御棟内の制御室に運転表示盤、大型ディスプレイと監視用PC、操作卓を置いて各機器の運転状況の監視が行えるような構成になっている(図3)。各機器とのやり取り

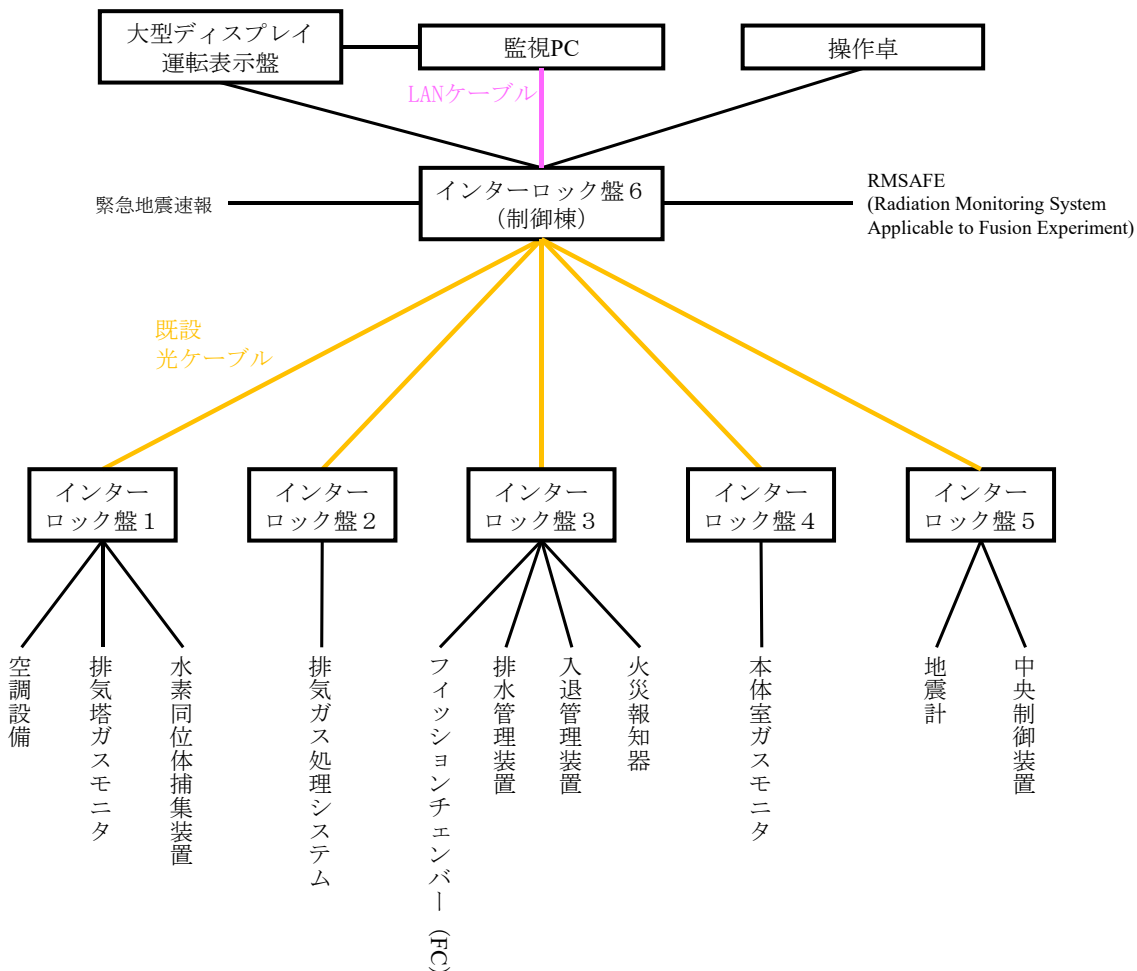


図3. インターロックシステムの構成

は ON/OFF 信号であり、これらの情報を元に機器の監視やインターロック動作を行うことから、制御装置には PLC (Programmable Logic Controller) を使っている。各盤内に PLC を設置し、盤間の情報伝達には光ケーブルを使ったローカルネットワークを構築した。主なインターロックとしては、本体室の遮蔽扉が開いたり入室者があった場合は実験停止、放射線管理機器の規定値超過や火災報知器が発報した場合は実験停止と共に汚染拡大を防ぐため空調設備が停止する。

2. 各システムの改修について

IITV システム、入退管理システムとインターロックシステムは平成 29 年度の実験前に運用を開始した。その後、幾度かの改修を加えながら、昨年度まで重水素実験の安全な運転に貢献してきた。

一回目の大きな改修は平成 30 年に、管理区域内を本体室と本体室地下、及び排気ガス処理装置室に分け、それぞれ NBI コンディショニング時、コイル通電時、実験時の三段階で入室を制限するように変更を行った。これに合わせて、入退管理システムやインターロックシステムのロジック変更を行っている。

また、新型コロナウイルスが蔓延した令和 2 年には、小人数での監視体制を構築するため ITV カメラの増設を行った。

入退管理システムは、SQRC を使用した認証を行っている。核融合研では個人線量計は毎月交換されるため、SQRC シールも毎月印刷・貼付けする必要がある。万が一のなりすましや複製、過去の SQRC シールの使いまわしを防ぐため、SQRC 印刷データは毎月変更している。このため、月を跨いで管理区域に入域することはできない。また、SQRC を印刷するために専用のライセンスがインストールされた PC が必要になるなど、運用面での注意点は多岐にわたる。これら SQRC データ作成と SQRC シールの印刷及び入退管理システムへのデータ登録は担当者が手作業で行ってきた。これとは別に、放射線業務従事者の管理は放射線管理室が行っている。放射線管理室では管理業務の効率化のため、放射線業務従事者登録申請シ



図 4. 更新した入退ゲート

ステムが令和 2 年度に稼働を始めた。個人線量計は業務従事者登録情報を元に配布されるため、放射線業務従事者登録システム側で SQRC データの作成と SQRC シールの印刷及び入退管理システム用登録データの作成が行われるよう機能の改修が行われた。

一方、入退管理システムのハードでは、導入から 7 年が過ぎた機器を対象に令和 3 年度に更新を行っている。

その他、ITV カメラや電気錠扉の増設等インターロックに影響しない変更も随時行われている。

3. トラブル事例

各システムでは、運用開始してからの 6 年間に次のような不具合が発生している。

3.1 ITV システム

重水素実験開始当初は、本体室に設置している ITV カメラが NBI 等のブレイクダウンノイズの影響で映らなくなる事象が多数発生した。これについては、カメラの再起動で復旧している。

また、中性子の影響と思われるカメラのファームウェア消失で停電後に復旧しない事象が発生している。これについては、ネットワーク経由でファームウェアの書き換えを行い大部分が復旧している。書き換えができなかったものについては、工場出荷時設定に戻してから改めて再設定を試みたが復旧しなかったカメラを交換している。この 6 年間に交換したカメラは 4 台である。ITV システムに関するトラブルは、実験サイクル毎に発生している。我々が経験したファームウェア消失事例では、カメラの映像は問題なく表示されているため、停電等でカメラが再起動した時に初めて不具合に気付くことが多かった。このため、LHD 実験終了後のメンテナンス期間中の点検時にカメラ 1 台ずつネットワークケーブルを抜き差しして再起動し、不具合がないか確認を行っている。

3.2 入退管理システム

入退管理システムでは、個人線量計に貼った SQRC が摩耗して認証できない事象が発生した。これについては、SQRC 印刷面を保護する透明シールを貼ることで摩耗を予防している。

設置後 7 年を過ぎた機器の更新の際は、半導体不足の影響で制御盤の納期が遅れたりして調整に苦労した。また、既設ゲートの後継機種である新しい入退ゲート (図 4) の仕様が変わったため設置工事でも配線や調整にかなり苦労した。



図5. 故障したメディアコンバータ

3.3 インターロックシステム

インターロックシステムにおいては、令和3年3月のメンテナンス期間中に制御盤間のネットワークに設置した光メディアコンバータ (Media Converter:M/C) が1組故障した(図5)が、交換することにより復旧している。このトラブルはその後発生していない。また、令和2年には制御室に設置されている3台の大型ディスプレイのうちの1台が映らなくなり交換した。昨年の11月には別の1台も映らなくなり、経年劣化が想定されることから残りの1台と合わせて2台の大型ディスプレイを交換している(図6)。

4. まとめと今後

LHDのITVシステム、入退管理システム及びインターロックシステムは6年間重水素実験の安全な運用に貢献してきた。この期間中にいくつかの改修や不具合が発生した。これらについて適切な対応を行っている。

今年度からは、重水素に関する機器の運用が停止したことから、インターロックシステムもそれに応じてロジック変更を行い、次の実験に向けて準備を進めている。

参考文献

- [1] 横田 光弘、他、“ITVシステムの更新及びインターロックシステムの構築”、平成29年度核融合科学研究所技術研究会報告集、平成30年3月、P69-72.
- [2] <https://www.denso-wave.com/ja/system/qr/product/sqrc.html>



図6. 交換した大型ディスプレイと変更後の運転表示盤