

ケーブル布設情報収集システムの開発

Development of Cabling Information Collection System

東芝プラントシステム (株)	岩崎 盛久	Morihisa IWASAKI	Member
東芝プラントシステム (株)	山田 穰	Yutaka YAMADA	Member
東芝プラントシステム (株)	佐藤 善美	Yoshimi SATOH	Member
東芝プラントシステム (株)	川副 英次	Hidetsugu KAWASOE	Member

Abstract

Cables and circuits that operate full-function such as important equipment and peripheral equipment in the nuclear power plant are critical network system which can be called massive and heavyweight neural-network. We aim at the central management of information relevant to design, construction and maintenance of cables and circuits in the context of information that should be controlled are widespread as well as are required to comply with a nuclear-specific requirements such as seismic, radiation resistance and system isolation requirements. On the other hand, although not only cabling “from-to” management but also cable route (laid on what stage of cable tray etc.) management is required as a nuclear-specific requirement, the only method we implement currently is a visual confirmation which has difficulty at high and narrow places and requires massive effort to maintain planned cable route. In order to address this issue, the cabling information collection system achieves confirmation of cable route instead of relying on a visual confirmation as well as it contributes to the central management of cable relevant information by automatically collecting route information of laid cable through multiple detectors and information networks. In this section, we report on a development summary of the cabling information collection system and result of a system performance verification test that implemented on an environment of the actual nuclear power plant.

Keywords

IoT, BLE, RSSI, CV, CVV, Top-Links®(Toshiba Plant System Link Cable Management System)

1. はじめに

原子力発電所のケーブル及び回路は、そのプラントの重要設備から周辺設備まで、全ての機能を稼働させるための膨大且つ長大な神経回路網とも言うべき重要なネットワークシステムである。また、耐震、耐放射線性、系統分離等原子力特有の要求もあり、管理すべき情報は多岐に渡っている中で、当社はケーブル及び回路に関する設計から施工、保全に係る情報の一元管理を目指している。

一方、上記原子力特有の要求によりケーブルの布設管理は起終点 (from-to) だけでなく、布設した経路 (多段トレイの何段目に布設したか等) も要求されているが、現状は布設後の人間系による目視確認が唯一の手段であり、特に高所や狭所は確認が容易ではないことから、多くの労力を要しながら計画通りの布設経路を維持している状況であった。

ケーブル布設情報収集システムは、このような課題に対し複数の検出器と通信網により布設したケーブルの経路情報を自動収集することで、人間系に頼らない布設経路確認作業の実現を図ると共に、ケーブルに係る情報の

一元管理に寄与するものである。

本稿では、このケーブル布設情報収集システムの開発概要と、原子力発電所の実機環境におけるシステム動作検証試験の結果について報告する。

2. 開発コンセプト

本システムはケーブル施工の予実管理を人間系のウェートを最小限としたプロセスへ移行させると共に、今後の保全に向けての情報一元管理を効率的に実現することを目的としたものである。

本システムの開発コンセプトを以下に示す。

- ① 既存施工プロセスへの無理の無い適用 (図1)
- ② 最小限の操作で機械的にケーブル経路を測定可能
- ③ 活線ケーブル下のケーブルを検出可能
- ④ 長距離ケーブルを含めた全種ケーブルへの適用
- ⑤ 他ケーブルの信号に影響を与えない実機導入し易いシステム構成

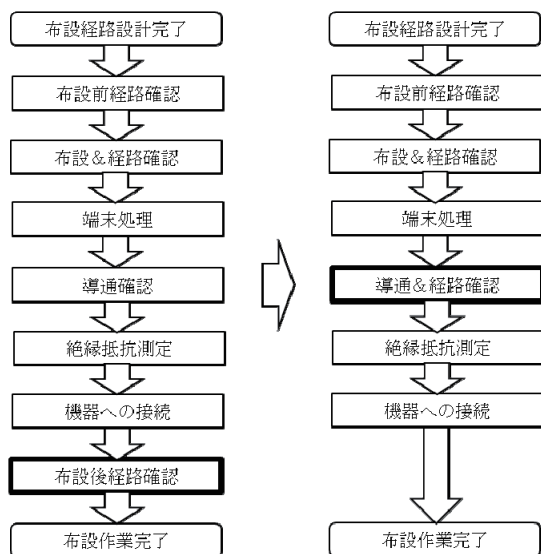


図1 ケーブル布設施工プロセスへの適用

3. システム概要

本システムは、ケーブル布設後の導通確認と同時にケーブルの布設されている位置データを収集し、計画通りの経路で布設されていることを確認・記録するシステムであり、システム概要図（図2）に示すようにケーブル位置を検出する複数の検出器及び位置検出用信号をケーブルに印加するための送信機と終端抵抗器、データ管理用PC等で構成される。

また本システムは被検出ケーブルの一端に接続した送信機より 10kHz のパルス信号を印加し、当該ケーブルから発生する微弱な空間電磁界[※]をケーブルトレイ上に取り付けられた固有の ID（位置情報）を付した複数の検出器で検知、検出器からは BLE（Bluetooth Low Energy）によるメッシュ通信（網目状の伝送経路を形成する多対多の通信機能）経由でケーブルの布設位置データ（被検出ケーブルを検知した検出器 ID 情報）を PC に収集し、計画ルートとの照合（検査）、検査証出力及びデータ管理を可能としている。

※：微弱無線設備性能証明済（TELEC：一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター）

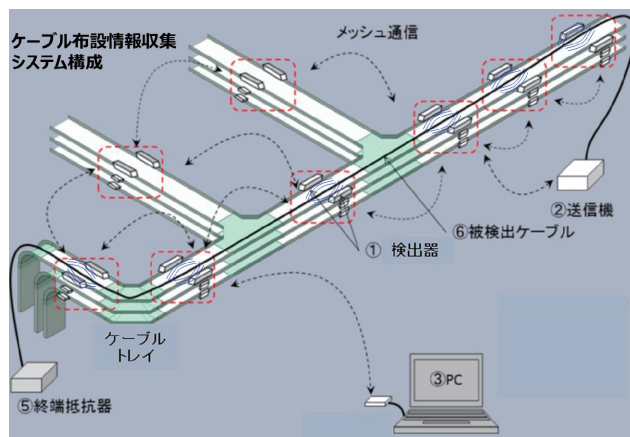


図2 システム概要図

4. 実機による検証

4.1 検証試験概要

今回の実機環境における検証試験は、原子力発電所建屋内のケーブルトレイを使用し、複数種別のケーブルを使用したケーブル検知能力確認、検出器の設置性確認、プラントへのノイズ影響確認、通信機能の能力確認を実施した。

4.2 試験方法

(1) 検出器設置

ケーブル位置検知用検出器の取り付け概要を図3に示す。最上段トレイ用検出器はトレイのサイド材上部に2か所取り付ける方式、中・下段用検出器は検知対象トレイより1段上部のトレイの裏面に1か所取り付ける方式としており、設置上の問題有無を確認した。

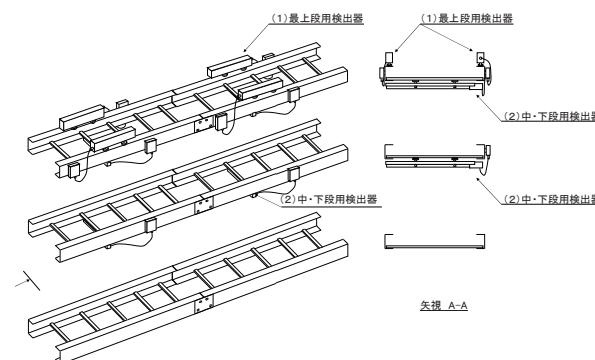


図3 検出器取り付け概要

(2) 検知能力確認試験

検知能力確認試験は、多くの多段のケーブルトレイが設置されているエリアを選定した。このエリアは、多くのケーブルが集中する場所であり、本システムの効果や影響を検証するために適切なエリアと言える。また、分岐部を有する多段トレイに布設した複数種別の仮設ケーブルに対して試験を実施し、検知能力を確認した。仮設ケーブルは表1記載のケーブルを選定し、布設するトレイの選定条件は次の通りとした。

- ① 目的とするケーブルが布設されているトレイ段の特定性能検証のため多段トレイを選定
- ② トレイ分岐部における検知能力を検証するため分岐部のあるトレイを選定
- ③ プラント設備への影響確認及び他ケーブルに埋まった状態での検知性検証のため占積率10%以上のトレイを選定

表1 供試体仮設ケーブル

ケーブル種別	芯数	サイズ
600V CV	3C-1	5.5sq
CVV	5C-1	2sq
シールド	2C-1	1.25sq
同軸	1C-1	-

(3) 通信能力確認試験

通信能力確認試験は、同一のエリア内での通信に加え、壁で仕切られた隣接するエリアとの間での通信も含めた試験を実施し、本システムのメッシュ通信能力を確認した。

(4) プラントへの影響評価及び確認（ノイズチェック）

本システムはトレイに布設したケーブルに検知用信号を印加し、トレイ上に設置した検出器により検知、メッシュ通信により検知した情報を伝達するものである。従って、実機検証試験に際し、事前に安全上重要な監視計器類及び同一トレイ上のケーブルにつながる設備への影響等を机上評価。更に、監視パラメータを定め、本システムを現場で短時間作動させ変動が無いことを確認した。

4.3 検証結果

(1) 検出器設置

今回試験に使用した検出器の取り付け状況を図4に

示す。トレイサイド材上部、トレイ裏側に取り付けた検出器は、ケーブル布設作業との干渉が少ないことが確認できた。実機適用に当たっては、ケーブル布設作業時の布設ケーブルと接触による破損・脱落の無い取り付け方法を検討する。

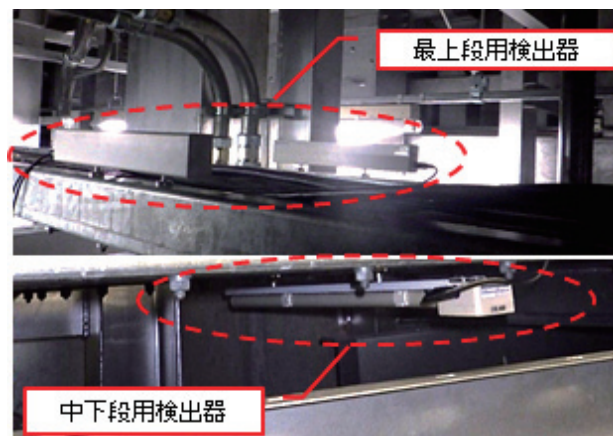


図4 検証試験時の検出器取り付け状況

(2) 検知能力確認試験

検知能力確認試験は、稼働中の本設ケーブルを含むラダー型のトレイ上に検出器を設置し、仮設ケーブルを布設、検知用信号を印加して試験を実施した。

- ① 事前にテスト用のモックアップにてトレイ内のケーブル位置毎のセンサ出力値を計測しており、モックアップと同じ位置のセンサ出力値に近い値であることを確認した。(図5)
- ② 本設ケーブルからの影響は特に見られなかった。
- ③ ケーブルの種別による影響は少ない。

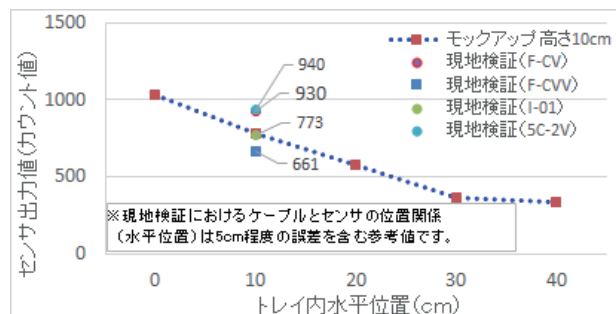


図5 現地検証とモックアップの計測値比較

(3) 通信能力確認試験

実際の現場環境において、通信機器間のメッシュ通信が可能かを確認する試験を実施した。試験を実施した2つのエリア間は壁（約 180mm）で仕切られており、天井近辺にケーブルトレイ用の貫通部を有するエリアである。図6に通信機器の配置状況を示す。

試験では、各通信機器 2 点間の信号受信強度を確認した。試験時に記録した通信機器の信号受信強度を表2に示す。信号受信強度は十分であり、今回と同様の現場環境では、本システムのメッシュ通信機能が利用可能であることが確認出来た。

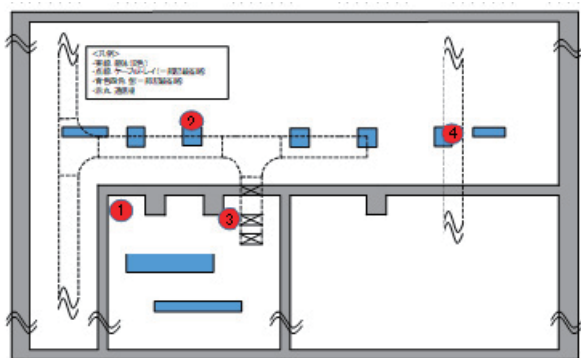


図6 通信機器の配置

表2 通信機器2点間の信号受信強度

対象通信機器		受信RSSI(※) (dBm)
送信側	受信側	
①	②	-77
①	④	-81
②	①	-79
②	③	-79
③	②	-77
③	④	-85
④	①	-82
④	③	-87

※：-87dBmが最低受信レベル
(Received Signal Strength Indication, 信号受信強度)

(4) プラントへの影響評価及び確認（ノイズチェック）

ケーブル検知用信号、メッシュ通信で使用する電波によるプラントへの影響が無いことを確認するため機器を短時間作動させる試験を実施した結果、ケーブル検知用信号、メッシュ通信共にプラントへの影響は見られなかった。

(5) 今後の課題

実機適用及び今後に向け、以下の改善・対応を予定している。

- 検出器のトレイ固定部分改善
- 量産化に向けた生産体制確立
- 他用途への適用検討
- 将来的なエネルギーハーベスト電源技術適用検討

5. まとめ

ケーブル布設情報収集システムはこれまでケーブルトレイのモックアップにより検証を続けて来たが、今回の検証により、検知性能、通信性能共にモックアップ同等の結果が得られ、原子力発電所実機で運用できるレベルであることが確認された。

また、当社は冒頭で述べたケーブル及び電路に関する設計から施工、保全といったライフサイクル全体を網羅した情報の一元管理、更にはその有効活用を Top-Links® 構想（図7）として推進しており、本システムの確立により同構想におけるケーブル施工実績自動収集 Div.（図7における計画と施工の自動照合）の完成に目途が立った。今後は本システムの機能も用いながら、保全（メンテナンス）領域等にも拡大を進め、同構想を前進させる予定である。

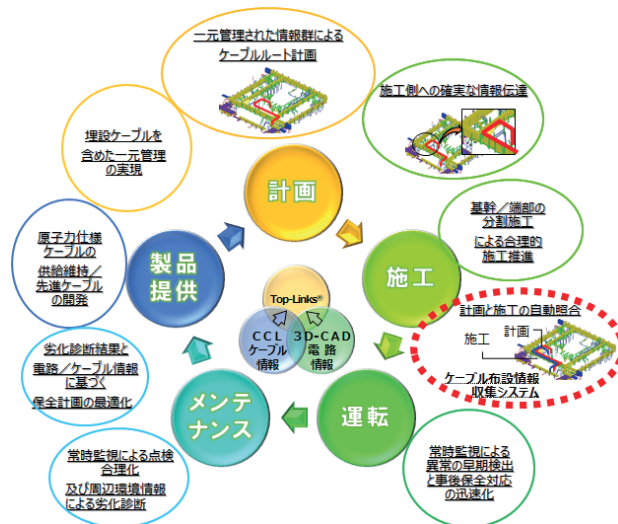


図7 Top-Links® 構想