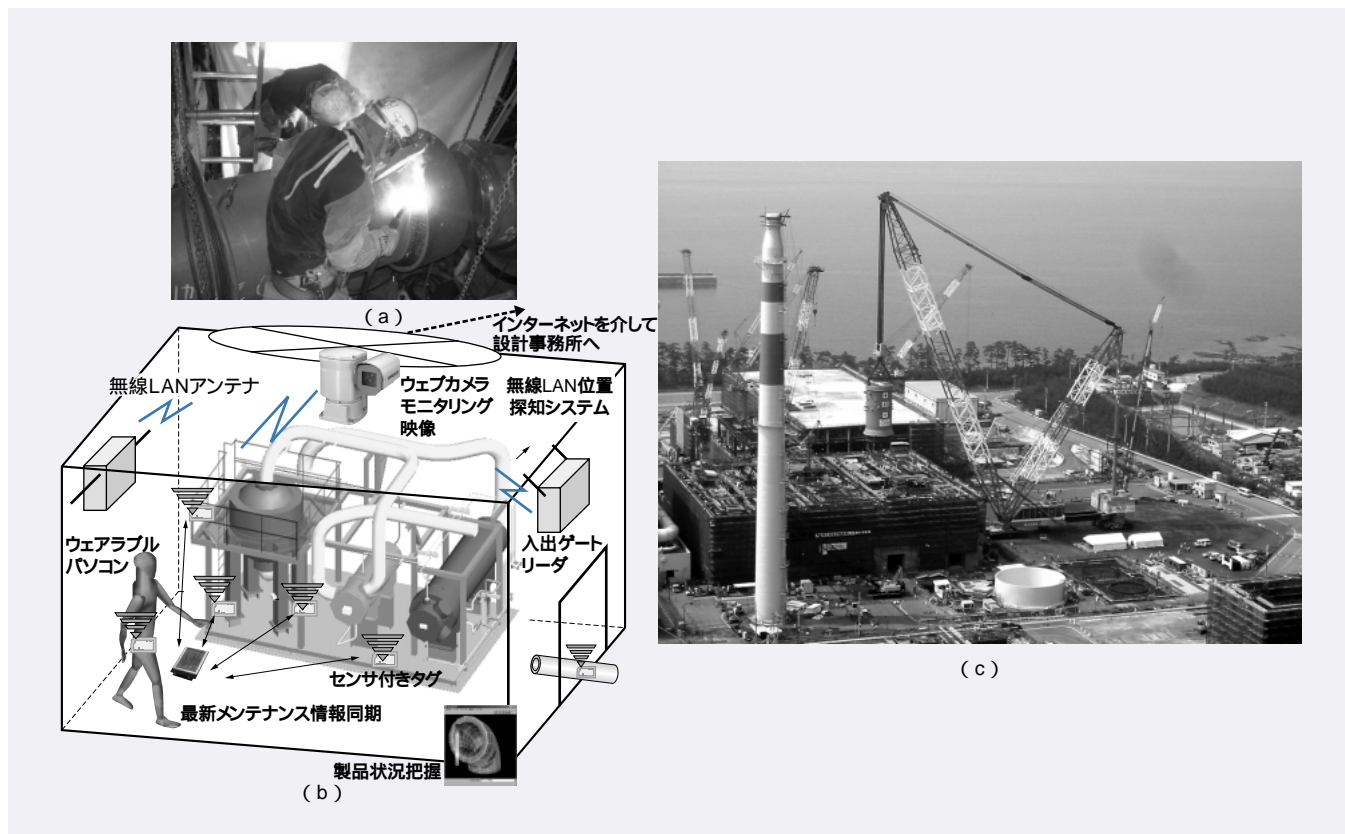


RFID応用高度信頼性原子カプラント建設技術

Application of RFID to High-Reliability Nuclear Power Plant Construction

川畑 淳一 Jun'ichi Kawahata
荒木 憲司 Kenji Araki

石渡 雅幸 Masayuki Ishiwata
湯藤 芳裕 Yoshihiro Yuto



注:略語説明 RFID(Radio-Frequency Identification), LAN(Local Area Network)

RFID適用技術が期待される原子カプラント建設

原子カプラントの現地での溶接作業風景(a)と、次世代構想(b)、および北陸電力株式会社志賀原子力発電所第2号機の建設時の状況(c)を示す。日立製作所は、RFIDを機軸として、人、物、作業の高度動態管理、作業合理化支援、および安全、信頼性向上を目指している。

原子カプラントの建設では、数十万単位の多品種大量な製品群を扱う必要と、製品や製作・検査作業への厳密なトレーサビリティなどが求められる。

日立製作所は、近年注目を集めているRFIDの機能性と汎用性に着目し、原子カプラント建設における物品

および作業管理の効率化や、情報トレーサビリティの高信頼性の確保、さらに、作業効率の向上やヒューマンエラー防止策としてRFIDを適用するための検討・開発を開始した。

1 はじめに

原子カプラントの建設では、百万点を超える多品種大量の部品、製品、治具などを取り扱う必要があるだけでなく、各製品の材料、製作、据付け作業履歴についての情報トレーサビリティが厳密に求められる。また、電力の自由化が進む中で建設費などの初期投資は低く抑えられていることから、いっそうの業務効率の向上が必須である。一方、量産系の産業では、今後の潮流となるユビキタス情報社会を支える基盤技術の一つであるRFID

(Radio-Frequency Identification)適用技術が、その機能性と汎用性を加速的に広げている。このような背景の下で、日立製作所は、非量産系であり、かつ多数のメーカーから調達したり、多くの設計や製造・検査部署がかかわって大量の部品を取り扱うために、これまで体系的な適用が難しいと考えられていた原子カプラント建設に、RFIDを応用する建設技術開発に着手した。

ここでは、RFIDを応用した高度信頼性原子カプラント建設技術とその基盤技術の開発、および取り組みについて述べる。

2 原子カプラント建設とRFID技術

原子カプラントでは、1プラント当たり総延長120 km、総数5万点以上に及ぶ配管やその付属部品など、膨大な物量を取り扱われる。日立製作所は、これまでのこれらの製品についての品質管理システムを強化するために情報技術(IT)を活用し、(1)製作工場では、材料入荷から製作、発送までの製作過程を一貫して管理、支援する「生産システム」を、(2)建設現場では、製品の納期管理から試運転に向けた設備移管作業までの工事作業を一貫して管理、支援する「総合建設システム」をそれぞれ適用してきた。これらは、日立製作所が開発した統合CAE(Computer-Aided Engineering)システムに関連づけて開発、導入し、品質保証面だけでなく、各種間接業務の高効率化を実現するとともに、的確な作業計画と実績管理を可能としてきた。しかし、膨大な製品の製作・据付けに伴う作業記録をはじめ、検査実施内容や検査に用いた計測機器情報などのシステムへの入力には人間による作業を多数必要としていた。

RFIDは、バーコードのように固有ID(Identification)を付与するだけでなく、無線通信でのデータの遠隔授受による読取り作業の効率化や、外装加工することで粉じんや耐候性など現場に適用するうえでの課題も解消することができる。したがって、RFIDを製品や作業員、道具や計測器類に取り付けることで、計画から現地据付けまでの質の高い情報のトレーサビリティ確保が可能となり、いっそう高い品質保証システムの構築やヒューマンエラーの撲滅など、さまざまな利点が享受できる。現在検討中である、建設プラントへのRFID技術応用に対する取り組みの例について以下に述べる。

3 配管製造・現地据付けでの取り組み

3.1 現地作業環境模擬実証試験

実際に配管に取り付ける際に懸念されるのが、RFIDの耐環境性である。このため、溶接熱や、溶接機や高周波配管曲げ機などの周辺機器ノイズ、粉じんなどの作業環境条件、保管時の気温・降雨・降雪などの天候条件、輸送時の耐荷重など、材料入荷から現地建設現場の屋内外までの環境を模擬した環境下での実証試験を重ねた。その結果、いずれの試験項目でも運用方法でカバーすることが可能であり、RFIDの耐環境性が、実機適用における要求を十分に満足することを確認した(図1参照)。

3.2 配管製造と据付け工事への適用

管理対象とする製品に工場製作開始段階からRFID

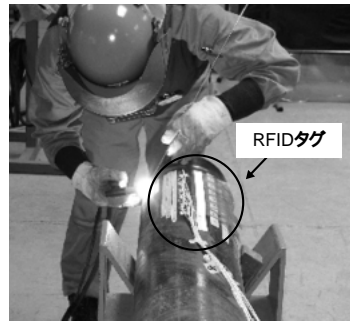


図1 RFID耐溶接熱の実験風景
RFIDと熱電対を配管に取り付け、RFIDに対する溶接熱の影響を確認した。

タグを取り付け 配管製造および据付け工事に適用した。その概要は、以下のとおりである。

(1) 製作管理

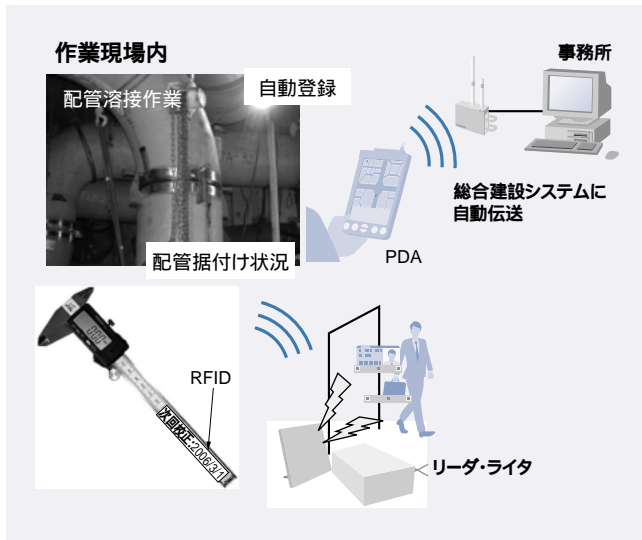
材料を受け入れる段階で各材料にRFIDタグを取り付け、製品ごとにIDを付与する。受け入れ時に付与された製品IDを、配管の曲げや溶接など製作工場内の加工作業に応じた管理ポイントごとに作業実施者のIDと組み合わせ読み取ることによって、これまでは作業者がいったん手書きで記録を作成し、その後管理システムへ入力していた手間を省くことができる。さらに、RFID技術を適用することにより、作業現場での製品認証だけでなく、作業員の資格の有無や使用機材の認証が可能となり、作業指示取り違えのポテンシャルの低減や書き写し・入力ミスといったヒューマンエラーの防止や、それに伴う潜在的なロスコストの削減など、高信頼性・トレーサビリティの確保と質の高い品質管理システムの構築にも大きく寄与する。

(2) 発送・荷受け管理システム

製作工場からの発送時および現地サイトでの製品受け入れ時に、製品に取り付けられたタグのIDをデータの遠隔授受によって認証し、システムを介して双方の情報と照合することにより、荷受け作業の簡素化や高効率化が実現できる。また、製作工場内で使用するタグを、一貫して現地で流用することは、高いトレーサビリティの確保やタグ資源の削減につながる。

(3) 据付けシーケンス管理

荷受け時に確認された製品IDを製作管理同様に現地サイト内での作業に応じた管理ポイントで認証することによって、現場で手書き作成していた記録などをシステムに直接入力するなどの効率化が図られ、リアルタイムでの作業進捗・遅延管理が可能となる。また、RFIDを、作業員認証にも適用することによって現地の安全管理を効率化することができ、同様に、道具や計測機器などにも適用することで、貸し出しや校正管理期限の管理の効率化も図ることが可能となる(図2参照)。



注:略語説明 PDA(Personal Digital Assistant: 携帯情報端末)

図2 建設シーケンスシステムの概要

現地サイト内から据付け作業情報や使用道具, 作業資格などの作業情報を自動転送し, 総合管理システムを使用して管理する。

4 電気工事での取り組み

4.1 背景

制御盤の設置と取り替え工事には, 多数の電気ケーブルを制御盤端子台にまちがいなく接続する作業が発生する。結線ミスを防ぐために, これまでも, ケーブル心線にあらかじめデルリンマークと呼ぶ数字札を取り付けたり, 心線を色分けして識別しやすいようにするなどさまざまなくふうしてきた(図3参照)。

しかし, 決められた時間の中で細かい作業を繰り返し実行するため, ヒューマンエラーが起こることが皆無とは言えない。このため, 作業確認を複数人間が多重に行うなど, エラーをなくすくふうを継続してきている。

このような作業にRFIDを適用することは, 作業員の確認作業を低減し, 結線のまちがいの判定などに応用



図3 制御盤結線の作業例

発電所内ではローカル機器の点検前に中央制御室などでケーブル配線を一時解体し, 隔離処置する。また, ローカル機器側でも同様な作業が発生する。

できる可能性がある」と判断し, 結線ナビゲーションシステムの開発に着手した。

4.2 結線ナビゲーションシステム

現在, 結線作業者に制御盤の端子と電気ケーブルの心線との突合せ作業を自動支援する「結線ナビゲーションシステム」を開発中である。このシステムの構成を図4に示す。

RFIDを端子側と心線側の両方に取り付けることにより, 突合せが正しいかどうかを判定する機能を持ち, 回路設計図を用いた結線状況の確認が可能である。

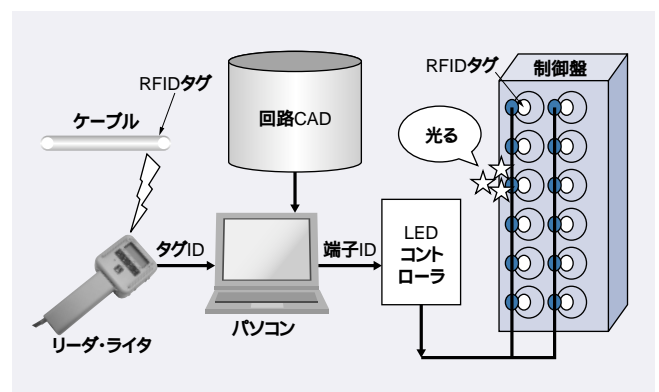
このシステムは, 上流設計の回路CAD(Computer-Aided Design)データを取り込み, 結線作業に必要な端子台番号, ケーブルの心線番号をLED(Light Emitting Diode: 発光ダイオード)表示し, パソコンやPDA(Personal Digital Assistant: 携帯情報端末)から確認でき, なおかつ, 結線作業終了後, 計画どおりに結線作業が完了したことも自動確認することを目的に開発している。

技術的な課題は, 端子台へのRFIDの実装方式や, 電気ケーブル心線へのRFIDの実装方式, 指向性のあるアンテナの開発などである¹⁾。

4.3 RFID内蔵電気ケーブルの開発

電気ケーブルを識別できるもう一つの利点は, 端子台との結線作業時以外に, ケーブルトレイに束になっているケーブルが, どの端子に接続されているかがわかることである。このため, ケーブルを識別するために, RFIDを内蔵するケーブルの試作に着手した。

電波受信距離が長距離になる場合のRFIDの位置を特定するため, 電磁波シミュレーションを実施し, 検証を進めている。今後, 早期に製品化することを目指している。



注:略語説明 LED(Light Emitting Diode: 発光ダイオード), ID(Identification), CAD(Computer-Aided Design)

図4 結線ナビゲーションシステムの構成

結線ナビゲーションシステムでは, 対象となるケーブルに取り付けたRFIDをリーダーライターで読み取り, データベースから接続情報を得て, 作業員へ接続位置を案内することができる。

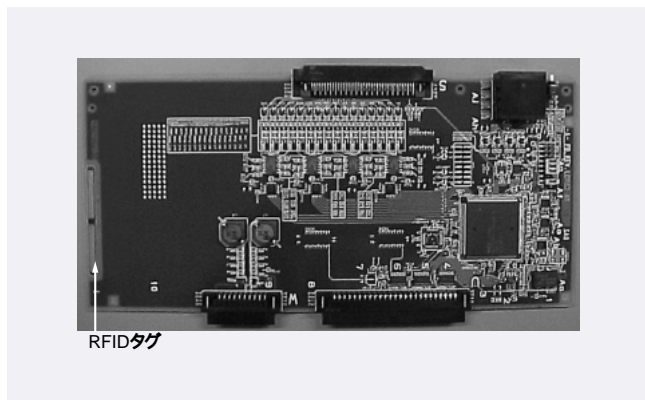


図5 RFID実装プリント基板の外観とRFIDタグの装着位置
電波の反射を避けるため、金属で構成するグラウンドのない、端の部分にRFIDタグを装着した。

5 RFID基盤技術の開発

5.1 精密機器へのRFID実装技術

精密機器の中で、大量、多品種のプリント基板へのRFID実装試作を行った(図5参照)。通常、プリント基板はアース面である下部のグラウンドを金属で構成することから、RFIDを実装すると金属反射によって電波が届かない。このため、プリント基板のグラウンドのない端の部分にRFIDを装着することとした。

また、電波受信距離を伸ばすために、RFIDの装着場所を特定する電磁波シミュレーションを実施した(図6参照)。その結果、グラウンドとRFIDのすきまの幅、および、RFID実装位置を最適化することができた。この試作品では、プリント基板が動作中にリーダ・ライタで電波を受信することは想定していない。しかし、動作中にRFIDの受発信電波がノイズとなり、プリント基板回路への影響がまったくないかどうかの検証も並行して進めている。

5.2 金属対応パッチアンテナの開発

発電プラントを構成する部品は、金属製が多くを占めるため、RFIDを金属に直接装着するニーズは高い。

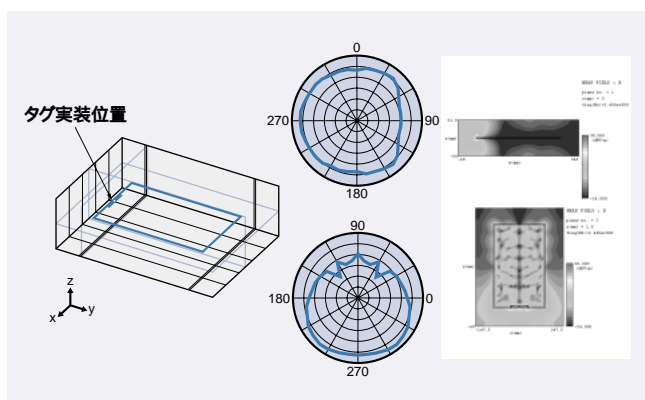


図6 最長電波受信距離を求める電磁波シミュレーション結果
シミュレーション結果から、グラウンドとRFIDのすきま幅と、RFIDの実装位置の最適化を可能とした。

一般に、RFIDはリーダ・ライタから受信した電波を360度反射し、反射した電波をリーダ・ライタが受信することで、RFIDに格納されている情報をとらえる方式である。このため、RFIDを金属に直接装着すると、金属に接している裏面からの電波が金属に反射し、表面の電波と干渉し、リーダ・ライタで電波を受信できないとされている。このため、RFIDの裏面から電波を発信しない構造のサイズ(25 mm×27 mm)のRFIDを試作した。

6 おわりに

ここでは、RFIDを応用した高度信頼性原子力プラント建設技術とその基盤技術の開発、および取り組みについて述べた。

RFIDの開発は近年目覚ましいものがあり、この技術がユビキタス情報社会実現の一端を担うのは確実である。

日立製作所は、原子力プラント建設へのRFID応用の検討を開始し、今まで培ってきた技術やシステム・インフラストラクチャーを基に、安全と品質を確保したうえで、いっそうの信頼性や作業効率の向上を目指し、次世代原子力プラント建設技術の確立に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) M. Usami: An Ultra-Small Double-Surface Electrode RFID Chip

執筆者紹介



川畑 淳一

1980年日立製作所入社、電力グループ 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在、建設プラントの設計・建設、既設プラントの予防保全設計に従事
日本機械学会会員
E-mail: junichi.kawahata.hh@hitachi.com



荒木 憲司

1984年日立製作所入社、日立研究所 予防保全システムプロジェクト 所属
現在、建設プラントの設計・建設、既設プラントの予防保全システムの研究に従事
日本原子力学会会員、日本建築学会会員
E-mail: karaki@gm.hrl.hitachi.co.jp



石渡 雅幸

1981年日立製作所入社、電力グループ 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在、建設プラントの設計・建設計画に従事
日本機械学会会員
E-mail: masayuki.ishiwata.kx@hitachi.com



湯藤 芳裕

1982年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 原子力制御システム設計部 所属
現在、原子力発電所の監視・制御用計算機システムの設計に従事
E-mail: yoshihiro.yuto.gq@hitachi.com