

金属構造物の多い製鉄所で安定した通信を可能にする漏洩同軸ケーブル方式無線LAN

Leaky Coaxial Cable Wireless LAN System for Stable Communication in Steelworks with Various Metal Structures

杉山 智則

後藤 幾

野田 敬介

■ SUGIYAMA Tomonori

■ GOTOU Chikashi

■ NODA Keisuke

製鉄所では、操作者が天井クレーンなどの移動体を使用して長い移動路に沿って作業を行うシステムが多数ある。操作者は無線通信を介して受信するモニタの映像を見ながら作業を行うため、移動路全区間にわたり常に安定した通信が求められる。

東芝テック(株)は、従来型のアンテナに代わって漏洩(ろうえい)同軸ケーブルをアクセスポイントのアンテナとした新しい無線LAN方式を開発してきたが、今回、製鉄所にこの漏洩同軸ケーブル方式無線LANを用いることで、天井クレーンの移動路全区間で安定した受信レベルとスループットが得られることを実証し、実用化することができた。

In a steelworks, many systems such as overhead crane systems that have vehicle structures moving along a lengthy track are operating. Stable wireless communication between the moving vehicle and access point is necessary for operators of such crane systems to work while continuously watching the monitor display.

Toshiba TEC Corporation has developed a new wireless LAN system using leaky coaxial cable (LCX) as a long antenna for the wireless access point instead of conventional antennas. We have successfully put this system into practical use in steelworks having a multipath environment due to the presence of various metal structures.

1 まえがき

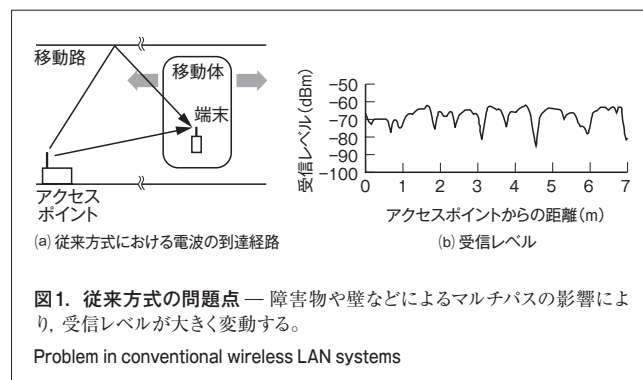
現在、無線LANはオフィスや店舗だけでなく、工場や物流倉庫、列車内など広い分野で使われるようになってきている。従来の無線LANは、放射状に電波を出すアンテナが一体となったアクセスポイントを用いる方式(以下、従来方式と呼ぶ)が一般的であり、障害物が多数ある環境で使用すると、1台のアクセスポイントでは安定した通信を行うことができない場合がある。

東芝テック(株)は、障害物の多い環境や通信エリアが細長く曲がりくねった場所でも1台のアクセスポイントで安定した通信を行うことができる、漏洩同軸ケーブル方式無線LANの開発を行ってきた⁽¹⁾。

ここでは、移動距離が長く金属構造物が多い製鉄所に従来方式の無線LANシステムを導入した場合の問題点と、それに対する漏洩同軸ケーブル方式無線LANシステムの有効性について述べる。

2 従来方式の問題点

製鉄所には、天井クレーンシステムや搬送台車システムなどがあり、移動路の長さは数十mから数百mにも及ぶ。操作者は、移動路に沿ってクレーン又は台車(以下、移動体と総称する)の操縦や位置制御などを行う。そこで、操作者が各所に設置したカメラで撮影した映像を見て作業を行えるよう、移動



路の端に設置したアクセスポイントと移動体に設置した端末との間を無線LANで通信できるようにした。しかし、従来方式では、アクセスポイントと移動体が数百m離れることもあり、移動体や壁、柱など金属構造物が多い製鉄所内ではマルチパス^(注1)などの影響により通信が安定しないことがある(図1)。移動路に沿ってアクセスポイントを複数台配置することで、通信距離を短くしてマルチパスを軽減することも考えられるが、通信エリアが変わるたびにアクセスポイントの切替え作業が必要となり、このときに通信が瞬断することがある。

製鉄所では、移動路全区間にわたり常に安定した通信が求められるため、マルチパスやアクセスポイントの切替えによる通信の瞬断は大きな問題となる。また、従来方式ではアンテナ

(注1) 一つのアンテナから発信された無線信号が、複数の経路を経て受信アンテナに達すること。干渉などの障害を引き起こす場合がある。

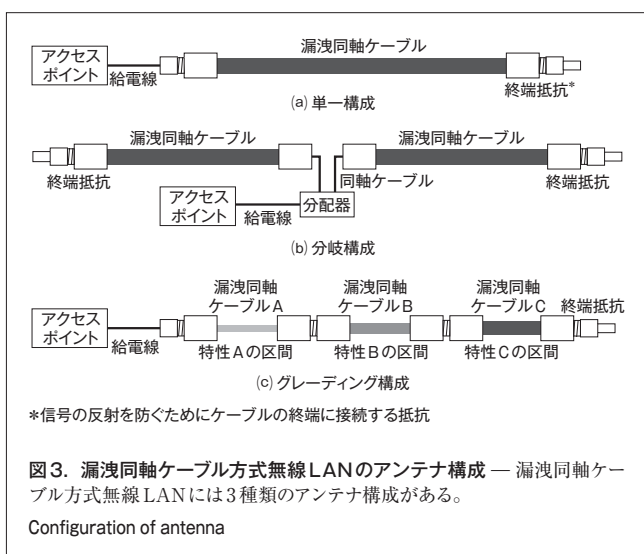
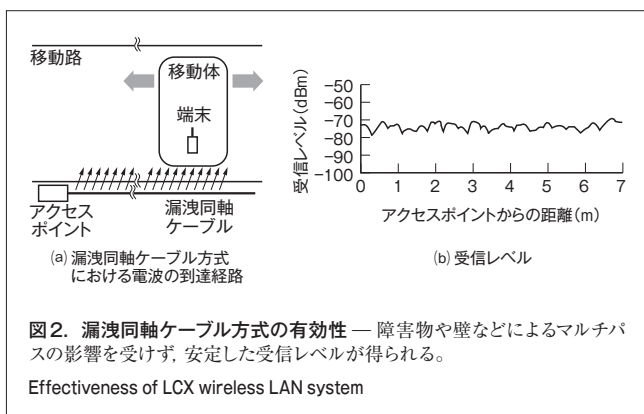
ナから放射状に電波が出されるため、複数のシステムが並行して配置されている環境では、通信チャンネル数が不足し、電波が干渉するといった問題が発生する。

3 漏洩同軸ケーブル方式無線LANの原理と特長

当社は、アクセスポイントを接続した漏洩同軸ケーブルを移動路に沿って敷設し、これを介して移動体に設置した端末と無線通信を行う、漏洩同軸ケーブル方式無線LANが製鉄所に有効であると考えた。

漏洩同軸ケーブルは、同軸ケーブルの外部導体部分にスロットと呼ばれる多数の小さい穴が設けられたものである。これら各スロットが送受信のためのアンテナとして機能するため、ケーブル全体がある放射方向を持つ一つのアンテナとなる。この漏洩同軸ケーブルを移動体の移動路に沿って設置した場合、移動体の端末は漏洩同軸ケーブルからの直接波を支配的に受信し、柱など障害物からの反射波の影響を受けにくくなる。そのため、図2に示すように、漏洩同軸ケーブルの長手方向に沿って安定した受信レベルを得ることができる。

また、漏洩同軸ケーブルに沿って細長い通信エリアが構成



されるため、同じ通信チャンネルを並行して配置された複数のシステムで繰り返し利用しても、電波の干渉の問題は発生しない。

漏洩同軸ケーブル方式無線LANのアンテナ構成の種類を図3に示す。1本の漏洩同軸ケーブルでアンテナを構成する単一構成、漏洩同軸ケーブルの長さを延ばすために分配器を用いて2本の漏洩同軸ケーブルを反対方向に接続する分岐構成、及び特性の異なる複数の漏洩同軸ケーブルを直列に接続してアンテナとするグレーディング構成がある。これらの構成は、設置環境や用途に応じて使い分けられる。

4 基礎特性の検証

これまで当社は、オフィスの天井裏及びトンネルの壁面に漏洩同軸ケーブルを敷設して通信実験を行い、漏洩同軸ケーブル方式無線LANの基礎特性を検証してきた。

オフィスでの実験では、1台のアクセスポイントに複数の端末が同時に接続できるかを確認した。天井裏に敷設した10mの漏洩同軸ケーブルにアクセスポイントを接続し、オフィスの机の上に置いた10台のノートPC（パソコン）を同時に稼働させてスループット^(注2)を評価した。これにより、それぞれのノートPCで安定したスループットが得られることを確認した。

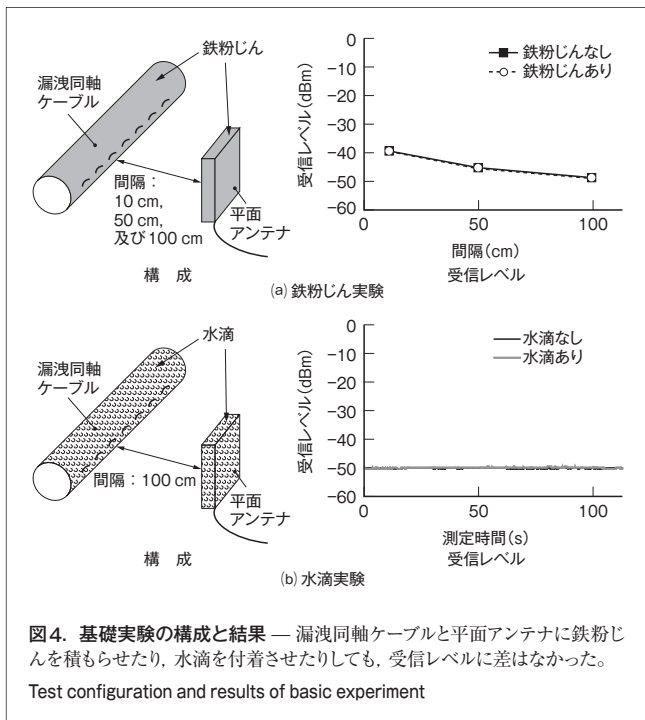
また、トンネル内での実験では、1台のアクセスポイントが数百mのサービスエリアをカバーできるかを確認した。全長500m以上の区間に2本の漏洩同軸ケーブルを分岐構成にして敷設し、1台のアクセスポイントに接続して無線IP（Internet Protocol）電話を用いて通信実験を行った。これにより、無線IP電話が全区間にわたり安定して通信できることを確認した。

以上の実験結果から、複数台の移動体がそれぞれ数百m移動する製鉄所でも、漏洩同軸ケーブル方式無線LANを用いれば、1台のアクセスポイントによって全区間で安定した通信を実現できると考えた。

しかし、実際の製鉄所は鉄粉じんが舞ったり、水蒸気が立ちこめたりする環境であり、これらの影響が懸念された。そこで、漏洩同軸ケーブルと受信側のアンテナに鉄粉じんを降り積もらせた状態で受信レベルを評価して、鉄粉じんの有無で受信レベルに差がないことを確認した（図4(a)）。また、漏洩同軸ケーブルと受信側のアンテナに水滴を付着させた状態で受信レベルを評価して、水滴の有無で受信レベルに大きな差が生じないことも確認した（図4(b)）。

以上の結果から、製鉄所と同等の環境においても、漏洩同軸ケーブル方式無線LANは安定した通信を行えることが示された。そこで次に、温度や湿度が高く、かつ鉄粉じんが舞ったり、水蒸気が立ちこめたりする実際の製鉄所において、漏洩同軸ケーブル方式無線LANの効果を検証した。

(注2) コンピュータの単位時間当たりの処理量や通信回線の単位時間当たりのデータ転送量。



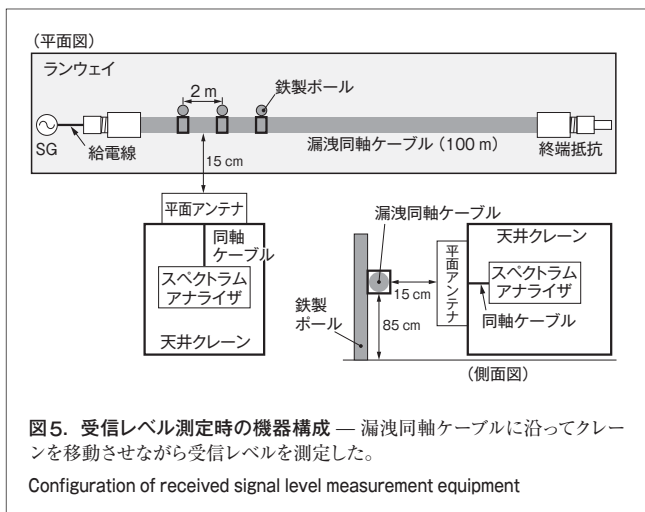
5 製鉄所での性能と検証

ここでは、実際の製鉄所において、天井クレーンの移動路に沿って漏洩同軸ケーブルを敷設し、クレーンを移動させながら受信レベルとスループットの測定を行った。

5.1 受信レベルの測定

受信レベル測定時の機器構成を図5に示す。

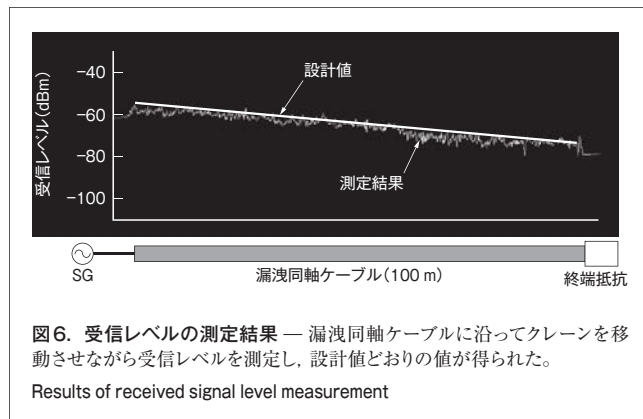
100 mの漏洩同軸ケーブルを約2 m間隔で並んだ鉄製のポールに高さ85 cmの位置で固定し、一端に信号発生器(以下、SGと略記)を接続した。一方、天井クレーンには、平面アンテナをクレーン側面に取り付けた。取付け位置は漏洩同軸ケーブルと平面アンテナの放射面の中心が対向する位置で、両者の間隔は15 cmとした。また平面アンテナにはスペクトラ



ムアナライザを接続した。

天井クレーンをSG側から終端抵抗側へ漏洩同軸ケーブルに沿って移動させながら、漏洩同軸ケーブルから放射される電波を平面アンテナで受信し、スペクトラムアナライザで受信レベルを測定した。結果を図6に示す。

受信レベルは天井クレーンがSGの近くにいるときがもっとも強く、漏洩同軸ケーブルの伝送損失の影響により、終端抵抗側に向かうにつれて弱くなっていく。ほぼ設計値どおりの結果となっていることがわかる。

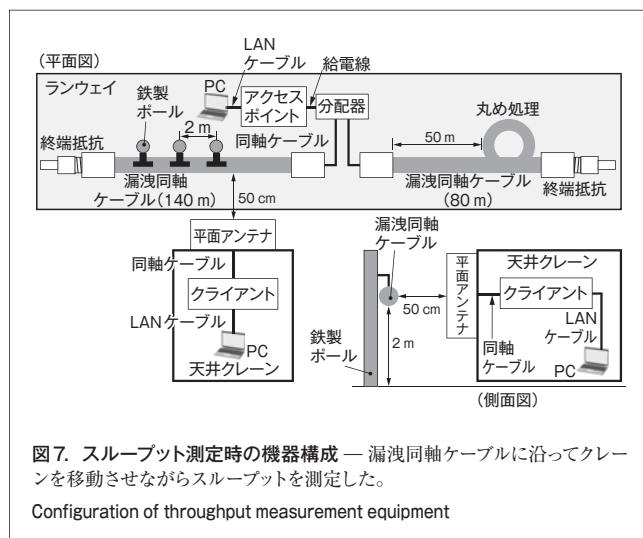


5.2 スループット測定

スループット測定時の機器構成を図7に示す。

140 mと80 mの漏洩同軸ケーブルを分岐構成で接続し、約2 m間隔で専用の固定金具を用いて床から2 mの高さに固定した。全長80 mの漏洩同軸ケーブルの終端部側は、将来天井クレーンの移動路を延長することを想定してあらかじめ長めのものを準備し、余剰部分(30 m)は丸め処理を施してある。

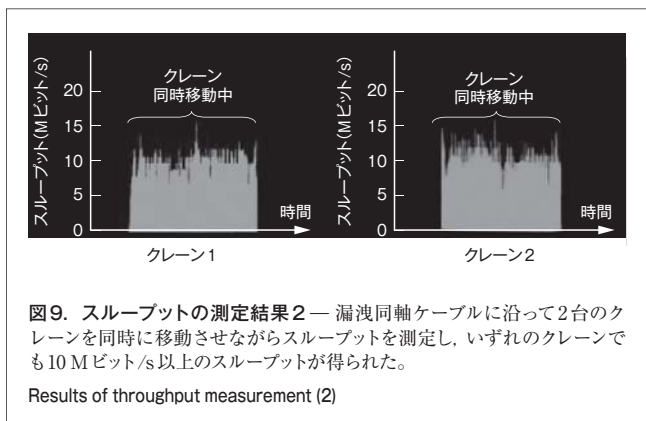
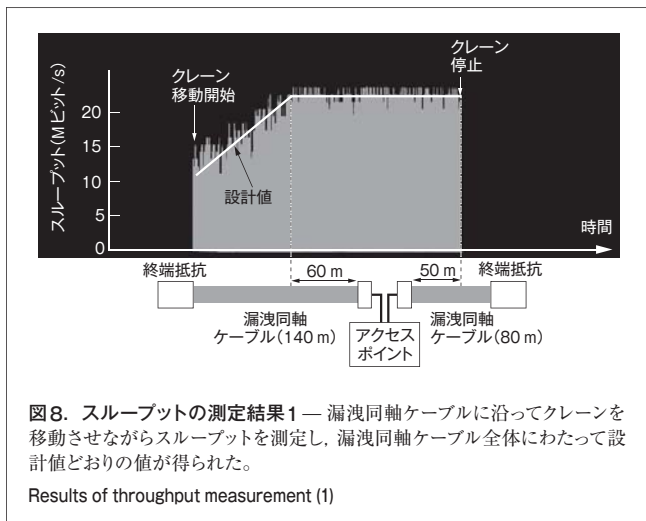
一方、天井クレーンには平面アンテナを側面に取り付けた。取付け位置は、漏洩同軸ケーブルと平面アンテナの放射面の



中心が対向する位置で、両者の間隔は50 cmとした。また、平面アンテナにはクライアント端末を接続し、アクセスポイントとクライアント端末それぞれにPCを接続した。

天井クレーンを全長140 mの漏洩同軸ケーブルの終端抵抗付近から、ケーブルに沿ってアクセスポイント付近を通過して全長80 mの漏洩同軸ケーブルの丸め処理部の手前まで移動させながら、2台のPC間でFTP (File Transfer Protocol) 通信による連続データ伝送を行い、スループットを測定した。結果を図8に示す。

スループットは、全長140 mの漏洩同軸ケーブルの終端抵抗付近で10 Mビット/s以上あり、天井クレーンがアクセスポイントに近づくと高くなり、アクセスポイントの手前60 m付近から通過後50 m付近までは約22 Mビット/sであった。アクセスポイントに近い位置では、クライアント端末は漏洩同軸ケーブルから十分な受信レベルが得られるために54 Mビット/sのリンク速度で接続できるが、アクセスポイントから60 m以上離れると、受信レベルの低下に伴ってリンク速度が低くなりスループットが落ちる。この結果は設計値ともほぼ一致している。また、全長80 mの漏洩同軸ケーブルの終端部付近でも、丸め処理している影響はなかった。



更に、2台の天井クレーンが同時に移動したときのスループットを図9に示す。それぞれの天井クレーンが受信レベルの高い位置を移動しているときには、いずれのクレーンでも10 Mビット/s以上のスループットが得られ、画像データを伝送するような製鉄所のシステムにも十分使えることが確認できた。

6 あとがき

製鉄所での性能検証により、金属構造物が多い環境でも漏洩同軸ケーブル方式無線LANを用いることで、1台のアクセスポイントで数百mの移動路全区間にわたり安定した通信が実現できることを確認した。特に、天井クレーンは、移動路に沿って直線的に移動するため、漏洩同軸ケーブルを直線状に敷設することで天井クレーン側のクライアント端末のアンテナとの距離を一定に保つことができ、常に安定した受信レベルが得られると考えられる。

漏洩同軸ケーブル方式無線LANは現在、製鉄所の製鋼工程の設備として実際に運用されている。この工程では、各ポイントに配置されているカメラの画像が、漏洩同軸ケーブル方式無線LANによって天井クレーン操作室内のモニタに表示され、操作者はそれを見ながらクレーンを操作する。更に、冷却工程のコイル搬送設備として導入が計画されている。この工程では、漏洩同軸ケーブル方式無線LANによって位置情報が制御室から無人搬送クレーンに伝えられ、クレーンが自動走行する。

今後は、製鉄所だけでなく、移動体が移動路に沿って走行するほかのシステムやトンネル内など、細長い通信エリアでの用途として広く展開していくことを検討する。

文献

- (1) 松下高弘, ほか. 漏洩同軸ケーブル方式無線LAN. 東芝レビュー, 58, 11, 2003, p.41 - 44.



杉山 智則 SUGIYAMA Tomonori

東芝テック(株) 技術企画部 コア技術開発センター主務。
無線通信技術の研究・開発に従事。
Toshiba TEC Corp.



後藤 幾 GOTOU Chikashi

東芝テック(株) リテールソリューション事業本部 大仁事業所グループ長。POSシステム及び漏洩同軸ケーブル方式無線LANなどにかかわる商品企画業務に従事。
Toshiba TEC Corp.



野田 敬介 NODA Keisuke

東芝テック(株) リテールソリューション事業本部 大仁事業所専門主幹。無線通信技術及びRFID技術の研究・開発に従事。
Toshiba TEC Corp.