

ワイヤレス計装のプラント設備への 適用に向けた機能検証

～無線通信の安定性・信頼性を評価する～

Verification of Characteristics of Wireless Instruments applied
for Plant Facilities

～Evaluation of Stability and Reliability of Wireless Communication in Plant Field～

南里 和成* Kazushige MINAMIZATO
制御システム技術センター 技術企画室 マネージャー

古家 秀彦 Hidehiko FURUYA
技術総括部長

田中 規博 Norihiro TANAKA
制御システム技術センター 技術企画室

山口 徹 Toru YAMAGUCHI
制御システム技術センター 所長

抄 録

流量・圧力・温度などの現場計測情報を制御システムにプロセス入力あるいは伝送する、いわゆる計装技術においては、現在「ケーブル配線」による「有線接続」が主流である。これを「無線化」することにより、配線工事エンジニアリングの簡素化・工事費削減の「コストダウン」、有事の際の「事業継続性(BCP)」、さらには従来困難であった現場情報の計測を可能とする「計装品質向上」を狙った「ワイヤレス計装」技術が徐々に広がりつつある。ワイヤレス計装そのものは、2007年頃から工業用製品化が進んで来ているものの、無線通信の障害物となりうる金属タンク・ボイラー・パイプ・機器など多くの設備が設置されているプラントにおいては、主に「安定性」と「信頼性」の面でのユーザサイドの不安があり、特に日本国内においては実プラントへの適用・導入が進んでいない現状にある。本論文では、実プラントにて実施したワイヤレス計装のフィールドテストにおける「安定性」及び「信頼性」の検証結果及び今後の方向性について述べる。

Abstract

It is well known that process variables such as flow, pressure and temperature in plant fields are normally transmitted by cables between instruments and central control systems. Recently, wireless instrumentation technology is attracted widely in process automation field, targeting to achieve 3 main benefits : (1) cost-down by minimizing cable volume, (2) means for Business Continuity Plan(BCP) in case of incident, and (3) advancement of measuring way. However actual application of wireless technology to plant facilities seems to be not easy due to the unidentified characteristics for plant users, which are mainly “stability” and “reliability” of wireless instruments in case of installation in plant field under the environmental condition of crowded facilities like tanks, boilers, pipes and equipment etc. As the result, this technology is still in progress to slowly being spread although it passes about 6 years since wireless instrument has been already productized in 2007. In this paper, verification results of characteristics of wireless instruments obtained by field tests conducted in actual plant facilities are reported as well as our further actions at next stage in order to optimally apply this technology to plant facilities.

* 〒804-8505 福岡県北九州市戸畑区大字中原46-59

1 緒言

プラントを効率的かつ安定的に操業するためには、現場のプロセス状況を正確に把握して中央の制御システムに入力し、制御システムから操作指示を受け取りプラントに出力する現場計装システムが重要である。従来から、フィールドで測定された圧力・温度といったプロセスデータは、IOポイント毎の有線ケーブルによって中央の制御システムに接続される、いわゆる「有線計装」が主流となっている。一方、近年、プロセスデータを工業無線によって中央へ伝送する「ワイヤレス計装」が登場し、主に海外を中心に導入が始まっている。

現在、最も主流の有線計装は、現場計器と制御システム間をIOポイント毎にケーブル接続する方式であるが、これは非常に配線効率が悪い。有線計装には、バス方式によって柔軟で配線効率の良い方式を実現したフィールドバス計装もあるが、「ワイヤレス計装」はこれを無線接続方式へより進化させたものである。ワイヤレス計装導入による期待効果を図1に示す。

しかし、ワイヤレス計装の実現には多様な課題解決が必要であり、工業無線の国際標準化団体はこれまでに長い年月を必要とした。主な課題及び解決状況を図2に示す。

これらの解決された課題の中で、課題(4)及び課題(5)がプラントへの実適用において大きなハードルになっている。ワイヤレス計装は目に見えない無線通信であるが故、その障害物となりうる金属タンク・ボイラー・パイプ・機器等多くの設備が設置されているプラントにおいては、プロセスデータ伝送の「安定性」「信頼性」への不信・不安が非常に大きい。また、ワイヤレス計装と同じ2.4GHzの周波数帯域

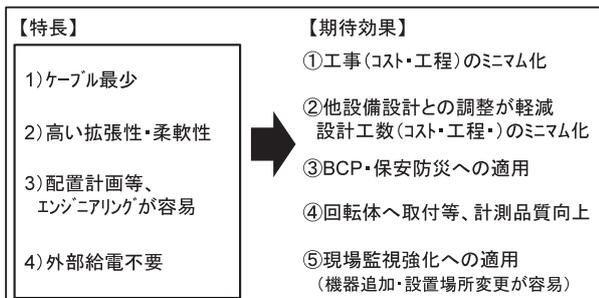


図1 ワイヤレス計装導入による期待効果
Fig.1 Expected Effects by applying Wireless Instruments

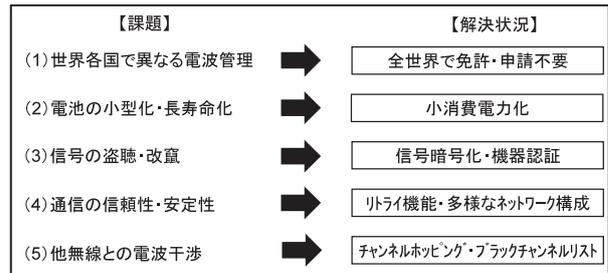


図2 ワイヤレス計装の主な課題と解決状況
Fig.2 Situation of Main Issues and Solutions for Wireless Instruments

を使用するWiFi・トランシーバ・SS(Spread Spectrum)無線等との電波干渉も懸念事項の一つとなっている。ユーザはワイヤレス計装機器ベンダーの説明だけでは安心できず、ユーザによる、ユーザサイドの視点からの、実プラントにおける実証評価を求めている。

本論文では、当社の実プロセスプラントにて実施したワイヤレス計装のフィールドテストにおける「無線通信の安定性・信頼性」の検証結果及び今後の方向性について述べる。

2 フィールドテストによる検証

2.1 評価指標

今回、当社が無線通信の安定性・信頼性を評価するために用いた指標は以下の3つである。

- (1) RSSI(Received Signal Strength Indication)
： 受信信号強度
- (2) PER(Packet Error Rate)
： パケットエラー率
- (3) データ欠損率

2.1.1 RSSI

RSSIとは、基地局等の無線受信機が受信する電波強度を意味し、電界強度の絶対値(単位：dBm)にて示される。電波は、その伝搬する過程において、通信距離の他、フレネルゾーン内に障害物が入ることや、電波の回折・反射等によって、送信機から減衰しながら伝搬していく。従って、フィールドに設置されたワイヤレス計装品から発信されるRSSIを測定することにより、障害物等により減衰した電波の安定性・信頼性を評価することができる。

2.1.2 PER

PERとは、送信機が送信したパケット(データ)全体数のうち、受信機に正しく到達しなかったエラーパケットを割合で示したものである。表1の例において、PERを算出すると、トータル送信パケット数25回に対して、エラーパケット数5回であることから、PERは20%と算出される。但し、本項では「PER≠通信が成立しない確率」であることを説明しておきたい。表1のようなデータ更新が10秒の設定においては、通常の通信1回に加えて、最大4回のリトライがあり、計5回の通信が可能である。つまり、この場合の「通信が成立しない確率」は、PERの20%を5乗した値(=0.032%)となる。

表1 PER算出例(データ更新10秒、最大5回通信/更新)
Table 1 Calculation Example of PER at data publishing period of 10 sec, and 5 tries per a data update as maximum

		通信回数				
		1st	2nd	3rd	4th	5th
1	0:00:10	○				
2	0:00:20	○				
3	0:00:30	×	○			
4	0:00:40	○				
5	0:00:50	○				
6	0:01:00	○				
7	0:01:10	○				
8	0:01:20	○				
9	0:01:30	○				
10	0:01:40	×	○			
11	0:01:50	○				
12	0:02:00	○				
13	0:02:10	×	×	○		
14	0:02:20	○				
15	0:02:30	○				
16	0:02:40	○				
17	0:02:50	×	○			
18	0:03:00	○				
19	0:03:10	○				
20	0:03:20	○				

○ 成功 × 失敗

2.1.3 データ欠損率

前述したRSSI及びPERは計装メーカーが一般に使用している無線通信の品質を評価する手法である。一方、プラントのユーザサイドとしては、無線通信の品質そのものよりも、フィールドで測定されたプロセスデータが中央の制御システムまで届くか否かが極めて重要であるため、無線通信のリトライも含めて「実際にフィールドのデータが中央の制御

システムまで届かなかった(=データが欠損した)確率」を測定する。

2.2 フィールドテストの項目及び結果

2.2.1 マルチベンダー性の確認

本論文では、ISA100.11a規格に準拠したワイヤレス計装機器を使用したフィールドテストの事例を報告する。本規格準拠品は、複数のベンダーが各々保有するセンサをワイヤレス化した、いわゆる「マルチベンダー性」といった特徴がある。従って、まず、複数ベンダーが供給する機器において、無線接続機能が相互運用性を有しているかどうか、また無線の通信品質に差異があるかどうかを確認した。

テストは、工業用無線ISA100.11a規格に準拠した4種類のワイヤレス計装機器(ベンダー3社、A社:多点式温度伝送器、圧力伝送器、B社:ガス検知器、C社:圧力伝送器)を使用し、一度に同一ネットワーク内で通信させて実施した。システム構成を図3に示す。これら4種類のワイヤレス計装機器を実プラントに配置し、基地局となるアクセスポイント(AP)との無線ネットワークを構成し、その受信データをPCへ保存する構成とした。PCにおいては、Field Wireless MonitorによってRSSI及びPERの測定を実施した。

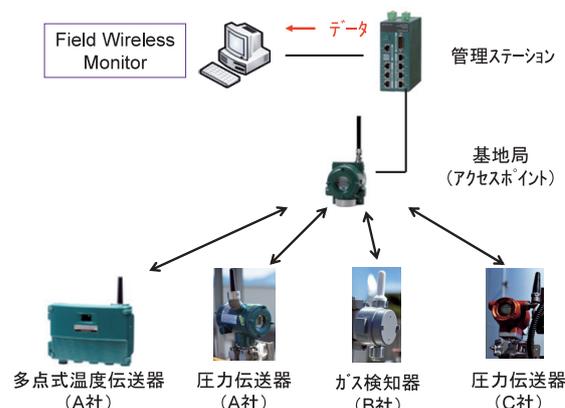


図3 システム構成図(マルチベンダー性)
Fig. 3 System Configuration Diagram for verifying the Characteristics of Multi-Vendors

ワイヤレス計装機器の実プラント配置例を図4に示す。本機器配置において特筆すべき点は、基地局の写真にある通り、基地局のすぐ後方には金属製タンクが設置されており、ワイヤレス計装機器の設置場所は、基地局から全く見ることができないことで

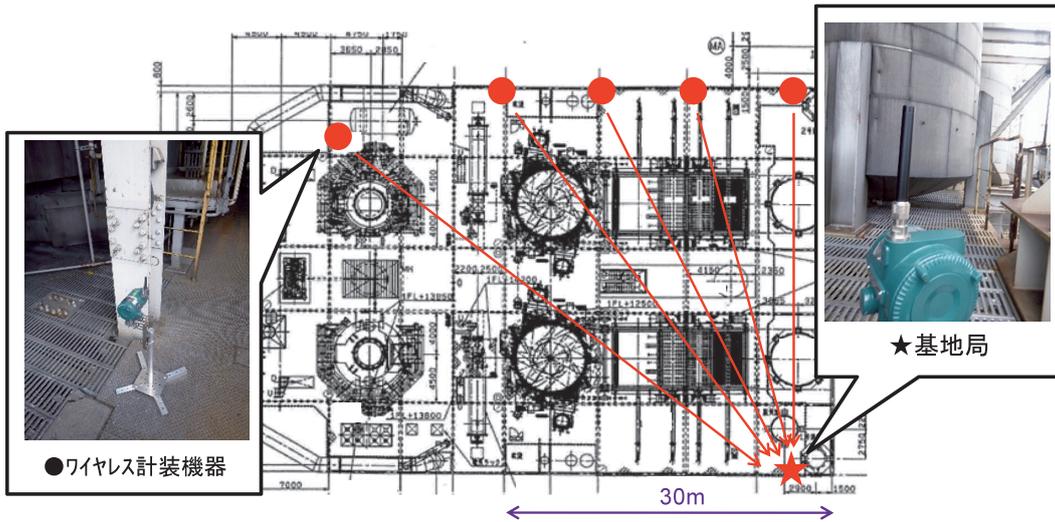


図4 ワイヤレス計装機器の配置例(マルチベンダー性)
Fig. 4 Installation Layout of Wireless Instruments for verifying the Characteristics of Multi-Vendors

ある。

このような機器配置の下、通信周期10秒(リトライを含む通信回数5回)に設定し、フィールドテストを実施した。

フィールドテストにて実測したメーカ3社、4種類のワイヤレス計装機器に関するRSSIとPERの相対関係グラフを図5(A社)、図6(B社)、図7(C社)に各々示す。

1つの無線ネットワーク内に複数ベンダーの機器が同時に問題なく動作することを確認し、また、マルチベンダー性の観点からも、3社ともほぼ同じ特性が得られ、RSSIが-70dBm以上であれば、PERは10%以下となることが分かった。これは、ISA 100.11a規格に準拠したベンダー製品は、ISA100 WCI(Wireless Compliance Institute)が認証した無線チップを使用していることにより、ベンダー間で通信品質に差異がないことを意味している。

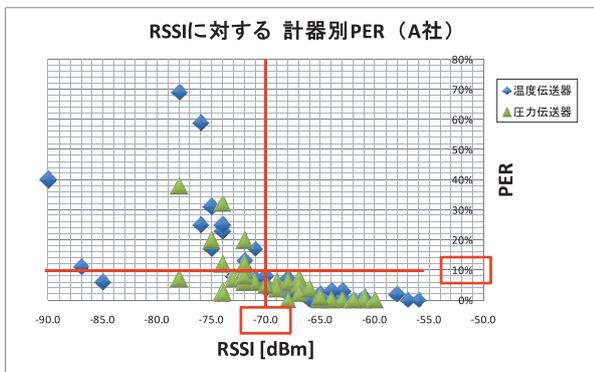


図5 RSSIとPERの相対関係グラフ(A社製品)
Fig. 5 Relative Relationships between RSSI and PER in case of Vendor-A's products

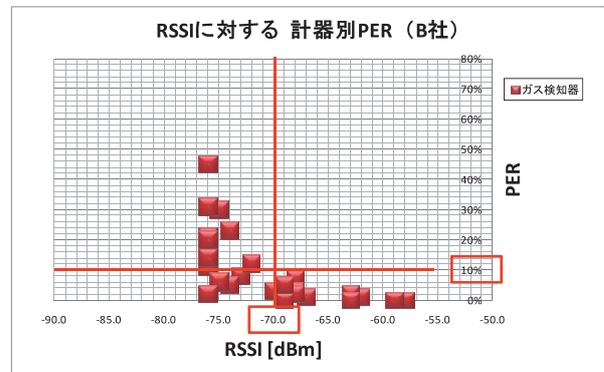


図6 RSSIとPERの相対関係グラフ(B社製品)
Fig. 6 Relative Relationships between RSSI and PER in case of Vendor-B's products

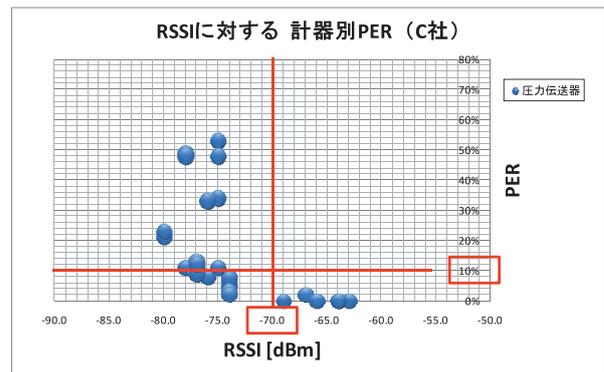


図7 RSSIとPERの相対関係グラフ(C社製品)
Fig. 7 Relative Relationships between RSSI and PER in case of Vendor-C's products

2.2.2 通信安定性評価

操業中の実プラントは、気象の変化は勿論、オペレータの現場パトロール・整備員のメンテナンス作業等、人間が移動したり、連絡手段としてトラン

シーバなどを使用するケースが多い。そのため、1時間程度の短いテストではなく、通常のプラント操業下において、1週間の連続通信における安定性を評価した。

図8にシステム構成図、図9に機器配置例を示す。A社の圧力伝送器、温度伝送器をプラント設備の中心に配置、約50m離れたオペレーションルーム内にAP及びPC等を配置した。オペレーションルーム内のPCにおいては、Field Wireless MonitorによってRSSI及びPERの測定を、またデータ収集アプリによってデータ欠損率の測定をそれぞれ実施した。

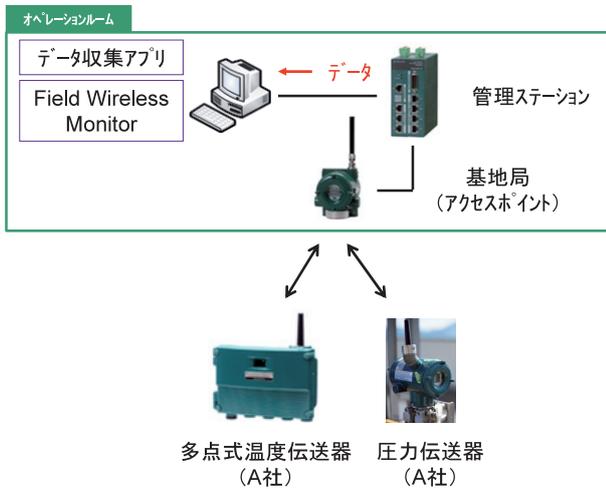


図8 システム構成図(1週間の通信安定評価)
Fig. 8 System Configuration Diagram for evaluating the Wireless Communication Stability for a week

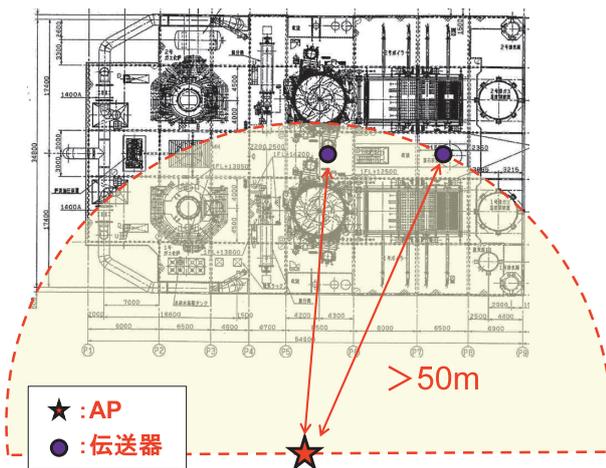


図9 ワイヤレス機器配置例(1週間の通信安定評価)
Fig. 9 Installation Layout of Wireless Instruments for evaluating the Wireless Communication Stability for a week

テスト結果を図10に示す。これは、1週間のテスト期間における1時間置ききのPERの推移を示して

いる。PERは3%から最大19%程度まで変動したが、この間のデータの欠損率は「ゼロ」であったことを確認した。つまり、半径50m以内であれば、通信データ欠損なく連続したプロセスデータが制御システムまで到達することが確認された。

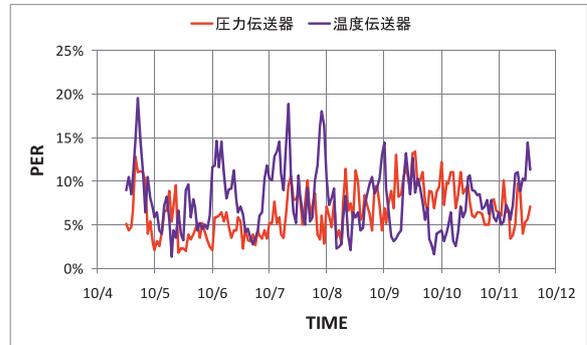


図10 1週間の通信安定性 検証結果(A社製品)
Fig. 10 Results for evaluating the Wireless Communication Stability for a week in case of Vendor-A's products

3 ワイヤレス計装への期待

3.1 低価格化の推進

今回のフィールドテストにより確認できた安定性・信頼性を踏まえると、機器配置・通信周期設定・ネットワーク構成など、適切なエンジニアリングを実行すれば、技術的にはワイヤレス計装の適用は十分に可能であると考えられる。一方、ワイヤレス計装機器は、有線機器に比べて機器単価が高いため、これが導入推進に対する大きな課題であると認識している。今後は、機器の精度・性能に応じた様々な価格帯の設定、無線機器特有機能のオプション化、制御システムとのインターフェイスI/Oカードの削減を考慮したシステム全体での価格設定など、ワイヤレス計装機器をより安価に導入できるよう、メーカー各社と取組みを継続していく。

3.2 測定対象の拡大

ワイヤレス化された計装機器の種類は、現時点では圧力・温度・振動など、あるプロセス対象範囲に限定されている。そのため、ISA100.11a規格で確認された「マルチベンダー性」を生かし、既存有線計装品の無線化アダプタなど、多数のセンサーメーカーが各々主力とするセンサを容易にワイヤレス化できる環境を拡充し、ワイヤレス化の対象となるプロセ

スデータ種類を増大させることで、ユーザサイドの利便性が向上し、採用の幅も広がると考えている。

3.3 容易なデータ収集手段

ワイヤレス計装はケーブル敷設を必要せず、また、計測点の容易な追加・変更・移設が可能である。これらの特長は、プラント内の様々なデータを容易に収集できる手段として非常に魅力的である。

例えば、実機におけるプロセス開発・改善などでは、場所・点数を変えながら多様なデータを収集したいニーズがある。この際、既設設備との干渉確認・ケーブル敷設・制御システムの改造などを最小化できるワイヤレス計装は極めて有効といえる。

また、保安全管理(メンテナンス)の最適化にも有効と考えている。保安全管理の現在の主流である「定期保全(Time Based Maintenance)」は、設備・部品の使用条件や寿命時間にあたるデータを使い、故障発生が予測される時期に機器を点検・交換する手法であるが、プラント操業の観点から、保全の最適化を図るためには「状態保全(Condition Based Maintenance)」の適用が求められる。この手法を活用するためには、オペレータによる日常点検にて現場指示計(ゲージ)を定期的に記録・プロットするのではなく、設備・機器の稼働状態を常時監視・連続監視することが必要となる。これは、トラブル是正後の一時的な傾向監視や現場監視を強化するニーズ等の「既存設備への部分導入」においても同効果が期待できる。

3.1節、3.2節にて前述した通り、ワイヤレス計装機器の低価格化・測定対象の拡大が進むことにより、より簡単にワイヤレス計装機器を導入することができれば、様々な設備の状態監視がより容易に実現できる。

4 今後の方向性

今回、フィールドテストにおいて以下を確認することができた。

- ・ISA100.11a規格準拠のワイヤレス計装機器における通信性能そのものはベンダー間で大きな差異はなく、同一ネットワーク内に共存可能である。
- ・障害物があり、見通しがきかない配置であっても

50m程度の伝送距離であれば欠損を生じることなくデータ通信が可能。

すなわち、現状のワイヤレス計装の機能は、基地局と伝送器間の特性(距離、障害物など)を正しく把握し、それに基づくエンジニアリング(配置計画、通信周期・リトライ回数など)を行い、さらに機器を配置した後のプレコミッショニングステージで、RSSI/PERを測定し、その配置計画の妥当性を事前に確認することなどを実施すれば、高い安定性・信頼性を確保しつつ現場導入できるレベルにあることが分かった。また、今回のフィールドテストでは確認していないが、ISA100.11a規格には、基地局の冗長化、無線経路の冗長化(=DuoCast)も可能となっており、制御シーケンスに使う信号など、さらに高い安定性・信頼性が求められるアプリケーションに対してもワイヤレス計装が適用しやすい環境が整備されつつある。

今後の展開としては、今回のテストから得られた知見をより堅固なものにしていくため、再現性確認も含め、さらに母数を増やして様々な機器配置におけるフィールドテストを実施していく。具体的には、通信周期をより短時間にした場合の無線通信の安定性・信頼性の評価、基地局と伝送器間の距離別データ、また障害物の種類別・密集度別のデータについても整理していく。さらに、設備監視のみならず、制御ループへの適用も視野に入れた検証、例えば、1秒の高速な通信周期における流量制御への適用可否など、評価対象を拡大させていく。

なお、ワイヤレス計装規格には今回報告した「ISA100.11a」とは別の規格として、「Wireless HART」も併存している。従って、「ISA100.11a」と同様のフィールドテストを実施し、両者の比較・評価を通じて、様々なプラント条件(対象とするプロセス・信号の用途・レイアウトなど)に応じた「無線通信の安定性・信頼性を確保しつつ、無線中継器の最少化を実現する」当社独自のエンジニアリング手法を策定し、さらに確実かつ高度で実用的なものにしていきたいと考えている。