特 集 論 文

発電設備における遠隔監視操作システムの事例

Application Case of Remote Control and Monitoring System for Power Plant

森 本 賢 一　　高 倉 朋 子　　梅 田 圭 次 郎

IT（Information Technology）及びIP（Internet Protocol） 技術の発展・普及により，これまで個々の操作指令室に集中していた発電プラントの情報は，遠隔地や現場でも利用・活用できるようになってきた．しかしながら，遠隔での監視･操作を的確かつ安全に実施するには，いくつかの問題を乗り越えなくてはならない．本書では，実際の国内外の事例を交えながら，当社の制御システムDIASYS Netmationを用い，それらの課題をどう解決しているのかを紹介する．

1. は じ め に

ネットワーク技術の進歩と広域な通信インフラの整備・拡大によって，私たちの身の回りは大きく変化してきた．ボイラ・タービンの発電設備においても，多くの情報が遠隔地や現場でも利用・活用できるようになってきている．通信回線さえつながれば，比較的容易に，また安価に遠隔監視や遠隔操作を実現することが可能である．

しかしながら，的確かつ安全に運転監視操作を行うためには，検討するべき課題も存在する．

本論文では，実際の国内外の事例を交えながら，当社の制御システムDIASYS Netmationを用い，それらの課題をどう解決しているのかを紹介する．

2. IP（Internet Protocol）の可能性

数多くあるIT関連技術の中で，その中心技術がIP（Internet Protocol）である．IPが通信の規格として登場したのはかなり前ではあるが，それを基盤にして，様々な通信機器が進化し，周知のとおりオフィスの中だけにとどまらず，インターネット経由で世界中の計算機や端末が結びつくようになった．

構内の監視カメラも，カメラ自身がこの規格に対応する場合も多く，画像をネットワーク経由で直接送信することができる．話題のIP電話もこの規格を利用することで，電話回線ではなく，ネットワーク経由で世界中に音声を送る．IPの世界では，画像であれ，音声であれ，プラントの数値であれ，すべて“データ”であり区別はない．そして何よりも世界共通の技術規格であるため，非常に安価に機器を購入することが可能な点も大きな魅力である．

通信回線を利用したプラントの遠隔監視制御は，古くからあるテーマであるが，IPを利用することで次のような可能性が広がる．

- 安価な機器を利用できる（特別な開発が不要）．
- 様々な通信インフラ（光，無線等）を活用できる．
- オフィスや業務システムとの連携が容易になる．
- 画像，音声との多角的な情報集約が容易になる．

３章では，これらのIPの特徴をいかした当社の最新ソリューション事例を紹介し，４章では，これらの事例実現のために重要となるIP技術活用時の課題及びその対処について述べる．

3. 遠隔監視操作システムの導入事例

3．1　東京電力（株）　島嶼発電設備遠方監視装置

我が国には多くの島があり，そのほとんどはそれぞれの島ごとに小さな発電設備を持ち，電力を供給している．

東京電力（株）では，当社のDIASYS Netmationを活用することで，その設備の運転監視を総合的に遠隔地からサポートするシステムを実現した（**図１**及び**タイトル写真**）．

お客様の社内マイクロウェーブ回線が96 kbpsという狭い

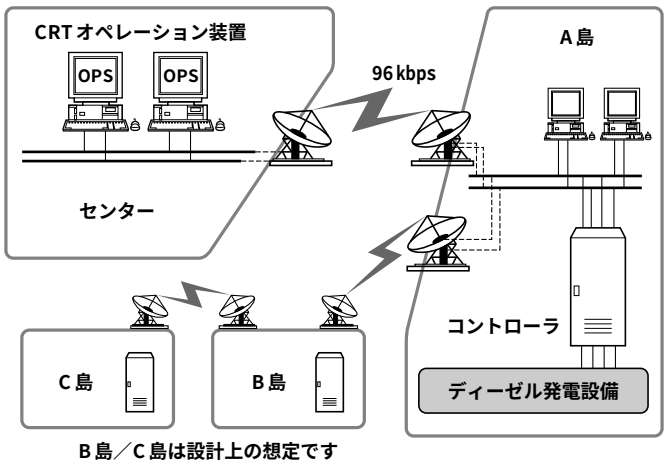

図１　東京電力（株）島嶼遠方監視システム　図は概念であり，実際の構成とは異なる．

帯域であること，また嵐などの気象環境でその帯域が変化することから，従来は計測データを数秒周期で送ることは可能でも，操作や装置内部のダイナミックな監視は困難であった．

Netmationは，現場の二重化されたコントローラ側で算術演算や，警報の時刻付加（タイムスタンプ）及び，1秒周期のデータの収集を行う．CRTはそのとき表示している画面が必要なデータだけ，コントローラに要求する仕組みを採用しているため，通信回線の負荷が極めて低いのが特徴である．

センターには2台のCRTオペレーション装置があるが，島側のイーサネット直結の同装置と，同等の応答性を実現することが可能である．このため，島の設備の施錠や照明の操作もすべてセンターから実施することが可能となった．また，通信経路は多重化しており，高い信頼性も有している．

3．2　海外地熱発電所の遠隔監視操作システム

次にエルサルバドルの地熱発電所にNetmationを適用した例を紹介する（**図2**）．

お客様の本店総裁室から，100 km離れたAHUACHAPAN地熱発電所を，64 kbpsのマイクロウェーブ回線を経由するオフィスのLANを介し，遠隔監視操作している．

オフィスのLANと接続するときには，高いセキュリティが必要となる．社内・社外接続，人的操作を問わず，制御システムとの接続には最大の注意が必要である．IP技術は“簡単につながる”ことが特徴ではあるが，それが大きな問題を引き起こす可能性も考慮しなくてはならない．

この事例では，ネットワークを暗号化すること（VPN）や，ファイアウォールを設け，直接的には信号が制御システムに流れない仕組みを採用している．Netmationには，“Proxy：代理人”機能があり，直接的にIPパケットが流れない状況下でも，いわば“バケツリレー”のようにNetmationデータだけを送り届ける仕組みがある．このため，多段のファイアウォールを構成したネットワークでも，すべての監視制御の機能を遠隔地点で実現することが可能である．

また，Netmationのデータ自体も，圧縮・暗号化をすることが可能なため，データの盗聴及び改ざんには高い耐力を有している．

図2　100 km離れた総裁室からの監視操作

4．IP活用時の問題と対処

4．1　通信回線の必要容量（ブロードバンドは必要か?）

市中では光ファイバの回線も安価になり，ブロードバンド（大容量通信）が盛況である．しかしそれらは皆，インターネットなどオープンな回線との接続を前提としており，高い信頼性が要求されるプラントや工場設備の遠隔監視操作に適用するには不安がぬぐえず，専用回線での1対1接続を利用する場合が多い．当社でも現地の試運転支援にデータ回線を接続する場合があるが，多くは専用回線である．

しかしながら高速な専用回線は現在でも多大なコストを伴うため，“IP技術的には容易”な遠隔監視制御も，投資対メリットの評価で，導入に慎重にならざるを得ない．

当社では自社の遠隔支援サービスへの活用も念頭に，このNetmationを開発した．32kbpsや64kbpsという狭い通信帯域でも，IP技術のメリットを最大限に引き出せることを目標に，次のような工夫をしている．

A　現場コントローラは，自律的に次の処理も行う．
　b算術演算（従来上位計算機で担っていた，性能計算など）
　b データ蓄積（1秒周期のデータを蓄積する）
　b時限制御（時限による機器動作）
　b イベント検知（発生・復帰したイベントの検知蓄積）
B　マンマシンI/Fは，表示に必要な分だけを通信要求．
C　コントローラは，要求されたデータだけを加工し，送信．

このような工夫に加え，データを圧縮・暗号化することで，ネットワークに流れるデータを最小限に抑えている．

またコントローラに多くの役割を負わせたため，万一CRTオペレーション装置（パソコン）が，一時的に停止しても，大切なデータが一切消失することなく，時刻についても正確に収集を継続することができる．これは，“パソコンを活用したい”ということと，“信頼性を維持したい”というジレンマを解消する意味がある．

4．2　セキュリティ

通信回線を専用回線として社外と切り離しても，社内LANやオフィスのPCと接続する際には，やはり高いセキュリティ管理が必要である．このため，IPを活用した遠隔監視制御システムを計画する際には，セキュリティをどのように維持するのかを考えなくてはならない．

前述の地熱発電所のように，オフィスLANと制御システムとの間には，必ずIPパケットを遮断するファイアウォールが必要である．しかし一般にファイアウォールとは，データが流れる入口穴（ポート）をふさぐものでしかなく，自分たちが遠隔監視のためにあけた“穴”を通し，無関係なデータの流入や，不正なアクセスがなされる可能性もある．

したがって，外部からのデータは，必ず一旦ソフトウェアで受信し内側に流しなおす，という“バケツリレー”的な処理が不可欠である．そのバケツリレーも，できれば多段とすることが望ましい（**図3**）．

また自分たちが流すデータそのものも，読み取られたり，改ざんされない仕組みが必要である．

Netmationでは，先の地熱発電所事例のように，コントロー

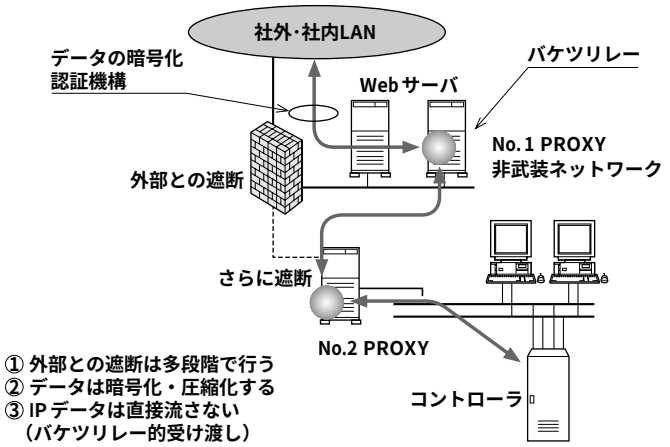

図３　外部との遮断　　セキュリティ維持の例.

ラとCRTオペレーション装置（PC）の間にProxyと呼ぶ，バケツリレーソフトウエアを何重にも介在させることが可能である．また認証機能もあり，権限のあるユーザでなければ，特定の操作を受け付けない，などの機能も実現可能である．

さらにNetmationには“圧縮・暗号化モード”があり，プロセスデータなどのリアルタイム信号を含めたすべてのアプリケーション間通信を，圧縮・暗号化することで，盗聴や改ざんに効果を発揮するように設計している．

4．3　データの同時性

遠隔監視操作システムを構築する際に重要な要素は，個々の信号の同時性である．あるプロセス値の“いつの瞬間のデータなのか？”が正確でなければ，遠隔地から集められたデータ同士の比較が困難になり，発生した事象を解析する際の因果関係が調べにくくなる．

一般にIP技術には“リアルタイム性”が不足している．いくら“１秒周期”と決めて，ネットワークにデータを送信しても，イーサネット特有の通信衝突や，経路の途中の機器での遅れが原因で，厳密にはデータが一定周期で送られてくる，とは限らない．したがって，データの蓄積時の時刻付加や，イベント発生時の時刻付加を，ネットワークを介在させた後で行うことは，得られたデータの信頼性を著しく低下させる．

Netmationでは，すべてのデータの時刻付加，及びすべてのイベントの時刻付加はコントローラ側で行う．このため，どのような経路を経て，パソコンで画面を表示しても，発生した警報やイベントの発生時刻は，すべて同一となる．また，トレンドグラフのデータも，パソコン側では収集しない．表示の際にコントローラに過去のデータを問い合わせる仕組みのため，いつどこで表示させても，同じデータは同じ瞬時値をとる．このような仕組みのため，広域に分散した遠隔監視対象のデータや発生イベントを，高い信頼性で管理することが可能となっている．

なお，コントローラはネットワーク経由の時刻合わせ機能（NTP）をサポートし，市販のGPS装置で，高い絶対時刻合わせ精度が実現できることも可能である．

4．4　IP技術と多重化・冗長化

IP技術は極めて高い汎用性を備えるが，その反面，冗長化や多重化という，プラント現場では当然必要となる信頼性確保の機能が不足している．そのため，遠隔監視システムを構築する際は，汎用の機器を組み合わせながら，通信経路や機器の多重化，冗長化は，ユーザ自身が作り上げる必要がある．これは本当に大変な作業である．

Netmationは，通信経路の完全二重化に対応しているため，遠隔地との接続を，他方を社内の回線，他方を社外の専用回線，などと組み合わせることが可能である．

また，すべてのデータを一時保管し，時刻付加を実施するコントローラも，完全冗長二重化とすることができる．

5．ま　と　め

当社のDIASYS Netmationによる遠隔監視や遠隔操作の実例や，その背後にある様々な課題への対処を解説してきた．IP技術が非常に安価に容易に“遠隔監視・操作”を実現するとはいえ，様々な課題に適切に対処しなくては，実運用では不安がある，ということがご理解いただけたと思う．

“安心して使えるもの”となるためには，単にIP通信技術を利用すれば良い，ということではなく，制御システム全体のシステムの見直しが必要であり，コントローラですら大きな役割の変化が求められる．

コントローラ（現場）が，制御だけではなく，時刻やデータの蓄積にも責任を担い，コントローラ同士で，また監視端末からの要求に応じて，必要な情報を送受信する自律性を持たなくては，将来あらゆる現場がつながる拡張性は望めない．あらゆる場所のあらゆる装置が結びつき，それらを遠隔からダイナミックに監視し，操作する仕組みが最終的には求められるのである．

これは，近年頻繁に登場する“ユビキタス”的未来像に近いものである．“ユビキタス”とは分かりにくく，家電製品の付加価値としてアピールされる場面が多いが，実はこのような“遠隔監視”の取組みのすぐそば，お客様の現場のすぐそばにある．

当社はこのような“未来像”も視野にいれながら，お客様に近い現場への貢献から，確実に現実のものとして提案していける技術開発や，製品提案を進めてゆく所存である．

DIASYS Netmationについてのご質問は，下記までご連絡ください．

MAIL：kenichi_morimoto@mhi.co.jp

本稿に掲載される品名・製品名は，各社の登録商標である．

森本賢一
原動機事業本部
火力プロジェクト部

高倉朋子
原動機事業本部
火力プロジェクト部
計装電気技術課

梅田圭次郎
原動機事業本部
電力部
電力一課