

# ネットワーク情報端末で広がる 電力・電気設備監視計測

Future of Power System Monitoring Systems Using Network Computing Terminals

土屋 武彦 庄野 貴也 関口 勝彦  
■ TSUCHIYA Takehiko ■ SHONO Takaya ■ SEKIGUCHI Katsuhiko

分散電源の増加や電力自由化に伴い、電力システムの監視計測は、より高度なものが求められるようになってきている。大幅な進歩を遂げている情報通信技術を利用して電力システムの的確な監視計測を行うことは、今後の新しい保護制御機能を創造していくためにも必要である。東芝は、このような背景から電力システム全体（発電、送電、変電、配電、分散電源、需要家）に同一のアーキテクチャを持つネットワーク情報端末（Network Computing Terminal）を適用した様々な監視計測システムを実現している。この端末は保護リレーと同等の電気量のリアルタイム処理が行えるとともに、強力なネットワーク機能を持っており、既に日本国内で多数適用されている。

Power utilities are becoming increasingly interested in power system monitoring systems, influenced by a number of trends within the power industry that encompass a wide range of issues including utility deregulation, the introduction of distributed generation, and so on.

Toshiba is engaged in a project to produce a monitoring system that will cover the entire power system (power generation, power transmission, transformation of electrical energy, distribution, distributed generation, consumers) using network computing terminals structured within the same architecture.

## 1 まえがき

分散電源の増加や電力自由化（規制緩和）に伴い、電力システムには柔軟性とロバスト性が求められており、これを実現するためには、高度な監視及び保護制御技術が確立されなければならない。

一方で通信システムは、インターネット、無線網ともに大幅な進歩を遂げている。これを使って電力システムのデータを広域に集めることにより、電力システムのふるまいを詳細に把握することができる。“詳細な把握と評価”は、電力システムの的確な監視や診断の実現、及び今後の新しい監視・保護制御機能の創造に必要である。

東芝は、このような背景から保護リレーと同等のリアルタイム処理が行えるとともに、強力なネットワーク機能を持ったネットワーク情報端末（Network Computing Terminal：以下、NCTと呼ぶ）を開発し実用化している。以下に、NCTの構成と適用例について述べる。

## 2 監視計測システムの概要

電力システムは人間が作り上げた最大規模のシステムであり、電力の発生から消費まで、個々の構成要素が相互に関連し合いながら、運用並びに利用されている。分散電源の増加や電力自由化に伴い、電力の発生、流通、及び消費はより複雑に関連してくる可能性がある。更に、電力品質への高

い要求もある。電力や電気のふるまいの詳細な把握のためには、リアルタイムに電気量及び関連する機器情報を取得し演算する必要がある。また面的な広がりのある電力システムの情報を効率よく収集、保存し、関連付けるためには、ネットワーク機能が充実していることがシステム構築の点で重要である。これらの要件は、電力系統、配電、及び需要家受配電設備のすべてに当てはまる。

NCTは、電力システムにおける電力設備や電気設備の情報をリアルタイムに取得して加工し、各監視システムのサーバに専用の通信インフラ、あるいはインターネットや携帯電話網などを用いて情報を送ることができる。図1に示すように、NCTは電力システムと情報ネットワークのインタフェース（I/F）となっている。

## 3 NCTの基本構成と特長

NCTのモデルを図2に、基本仕様を表1に示す。その基本機能を次に示す。

- (1) リアルタイム処理機能 入力したアナログ情報を高速（数kHz～数十kHz）にサンプリング及びデジタル化する。記録用トリガのためのリレー演算処理も行う。
- (2) ネットワーク処理機能 サーバ、ブラウザあるいはほかのNCTと通信するためのネットワーク処理を行う。ウェブサーバあるいはHTTP（HyperText Transfer Protocol）クライアントとしても動作する。

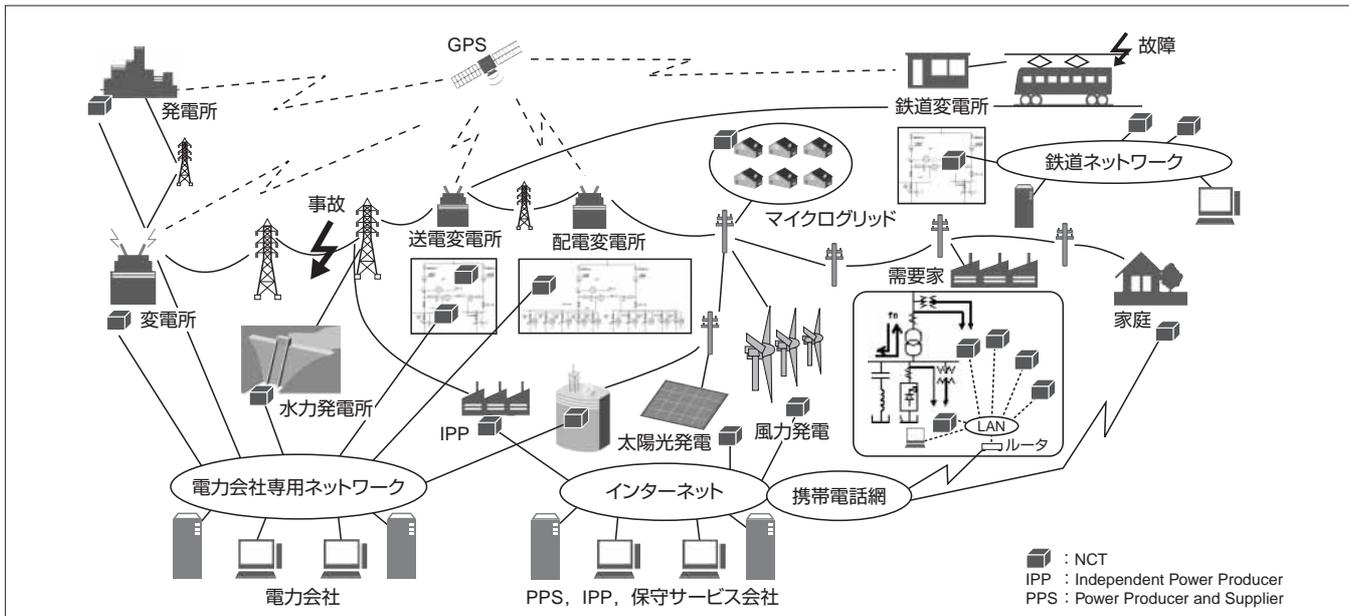


図1. NCTと電力システム — 電力システムを構成する様々な分野でNCTを使った監視や解析が可能となる。

System configuration

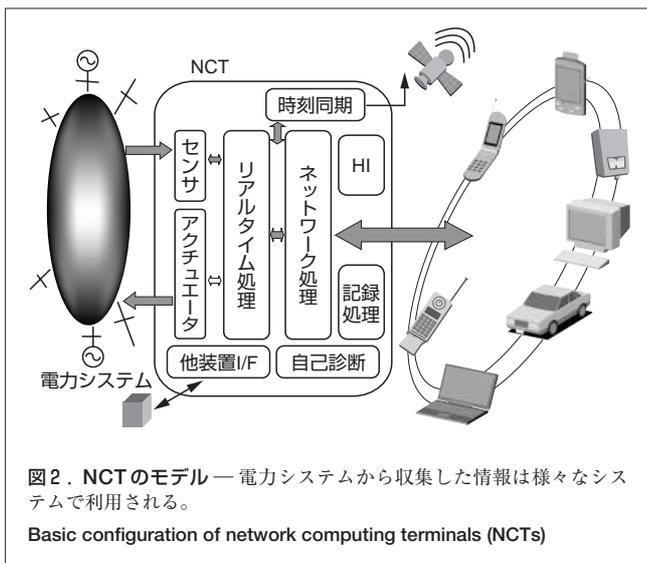


図2. NCTのモデル — 電力システムから収集した情報は様々なシステムで利用される。

Basic configuration of network computing terminals (NCTs)

- (3) ヒューマンインタフェース(HI)機能 NCTが収集した情報の表示とメンテナンス画面の表示機能をJavaアプレット<sup>(注1)</sup>あるいはHTML (HyperText Markup Language)で実現し、汎用ブラウザで表示する。
- (4) 時刻同期機能 広域な電力システムの情報を精密に取り扱うためにμ秒精度の時刻同期を行う場合はGPS (Global Positioning System)を用い、秒精度の時刻同期を行う場合はNTP (Network Time Protocol)を用いる。従来は電力系統、配電、及び需要家受配電設備の監視や計測

(注1) Java及びその他のJavaを含む商標は、米国Sun Microsystems, Inc.の米国及びその他の国における登録商標又は商標。



図3. NCTのラインアップ — NCTは情報を収集する対象や機能に合わせてラインアップをそろえている。  
Examples of NCTs

には個々に設計された装置が適用されてきたが、図2に示すように、NCTをリアルタイム処理とネットワーク処理を融合する構成にすることにより、電力システムの監視や計測すべてに適用できるようにした。設置する場所により準拠する規格が異なることから、耐環境性能や構造面ではいくつかのシリーズを設けている。電力規格 (B402) 対応のNCT、及び小規模な需要家設備の監視や電力品質監視用のNCTを図3に示す。リアルタイム処理機能とネットワーク処理機能が融合できること、及びウェブサーバやクライアントへ対応可能なことから拡張性が高く、最小の構成で監視計測システムを実現し、ニーズに応じてシステムを拡張していくことが可能となっている。

#### 4 適用例

NCTを適用した監視計測システムの例を以下に示す。

表1. NCTの基本仕様

Specifications of NCT

項目	仕様		
ハードウェア	寸法	135 (W) × 133 (H) × 245 (D) mm (Type-A) 220 (W) × 200 (H) × 60 (D) mm (Type-G) など	
	電源	DC 110 V/AC 100 V	
	デジタル入力 アナログ入力 A/D精度 サンプリング 入力定格	4～30点 4～7チャンネル 10～16ビット 2.4～28.8 kHz 電流 1/5 A, 電圧 63.5 V, など	
	時刻同期 10BASE-T 10BASE-FL RS232C	GPS用光 I/F × 1 RJ45 コネクタ × 1 オプション RJ12 コネクタ × 1 又は 2	
	無線	携帯電話モジュール × 1	
	警報出力	警報, 装置異常など 3～4点	
	メモリ	DRAM, SRAM, FROM	
	CPU	リアルタイムCPU × 1, ネットワークCPU × 1	
	ソフトウェア	OS	μITRON, JavaVM
		使用言語	C, Java, HTML, XML など
基本ソフトウェア		ウェブサーバ, 電子メール, HTTPクライアント	
通信機構		TCP/IP, PPP, HTTP, RMI, SMTP, POP3	
時刻同期		GPS, NTP, 周波数時計	
その他		イベント配信, システムログ, エージェント, 自己診断, 同期フェーザ, 起動用リレー	
その他	適合規格	B402	
	周囲温度	-10～+50℃	
	ファイル フォーマット	COMTRADE, CSVほか	

(注) 代表的な仕様であり機種により含まれていない項目もある

- A/D : Analog to Digital
- SRAM : Static RAM
- FROM : Flash ROM
- OS : オペレーティングシステム
- μITRON : μ Industrial The Real-time Operating System Nucleus
- JavaVM : Java Virtual Machine
- XML : eXtensible Markup Language
- TCP/IP : Transmission Control Protocol / Internet Protocol
- PPP : Point to Point Protocol
- RMI : Remote Method Invocation
- SMTP : Simple Mail Transfer Protocol
- POP3 : Post Office Protocol version 3
- COMTRADE : COMMon format for TRAnsient Data Exchange
- CSV : Comma Separated Values

#### 4.1 広域同期計測

大学を中心に、GPS衛星からの時刻同期信号を用いて多地点の電圧位相を同期計測することにより、電力系統の広域動特性を観測するシステムが検討されている<sup>(1), (2)</sup>。NCTはPMU(Phasor Measurement System)として適用されており、全国各地の100Vコンセントでの電圧を同期フェーザ量として、サーバへ定周期で送信している。

その結果、長周期の動揺モードの解析や、電源脱落又は自然災害など大規模じょう乱時における周波数変動の広域伝ば特性の観測などが可能となっており、将来の広域な保護制御システムへとつながることが期待されている。八戸-東京間の位相差変化の観測例を図4に示す。このような広域同期計測は、変電所あるいは大規模需要家構内の離れた設備間での同期計測にも利用されている。また、瞬時値

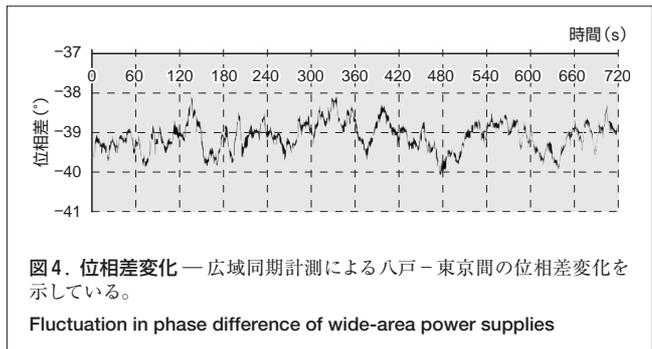


図4. 位相差変化 — 広域同期計測による八戸-東京間の位相差変化を示している。

Fluctuation in phase difference of wide-area power supplies

ベースのサンプリングによる送電線の事故点標定、リレー応動解析、系統観測及び線路定数測定システムなどにも、電力会社を中心に広く採用されている<sup>(3)</sup>。

#### 4.2 電力品質監視

電力品質の基本指標としてPQVF (P:有効電力, Q:無効電力, V:電圧, F:周波数)があり、需要家への影響が大きいものとして、フリッカ、瞬時電圧低下(瞬低)、電圧高調波が挙げられる。

フリッカに関しては、専用のフリッカ計測器とNCTを組み合わせることで、複数地点のPst,  $\Delta V_{10}$ <sup>(注2)</sup>及び有効無効電力など関連情報を長期間サーバに保存し解析に利用できるシステムを構築した。

瞬低、高調波に関しては、需要家の受電設備に容易に装着ができ、設備情報や電力使用量とともにメールなどで設備管理者に通報するシステムを開発した。瞬低の発生・継続時間や降下電圧に加えて、発生前後の瞬時値波形もCSVファイルで送付できることから、瞬低対策装置導入時の検討にも活用できる。高調波は25次までの実部、虚部を演算し高調波の要因推定に役だてることが可能である。PQVF計測用NCTのブラウザ表示画面として、NCTにより取得した高調波及び電圧低下のグラフを図5に示す。

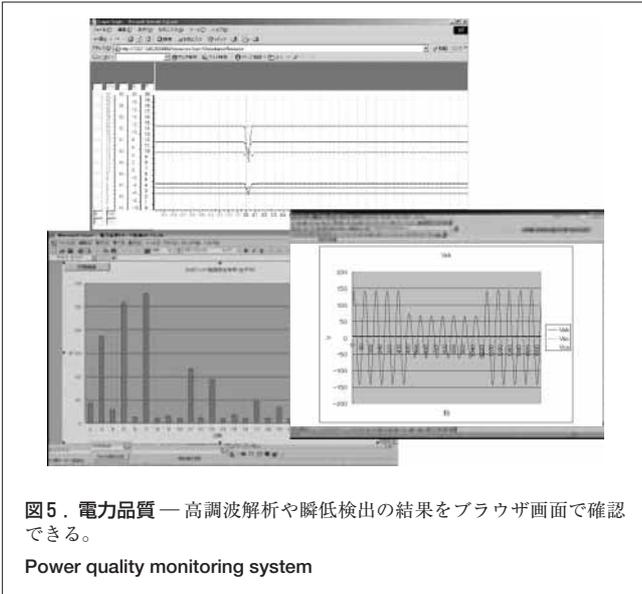
#### 4.3 変電機器監視制御

変電機器の予防保全については、従来の定周期で実施する時間基準保全(TBM: Time Based Maintenance)から管理値をベースに設備の状態に応じて実施する状態基準保全(CBM: Condition Based Maintenance)への提案がされている。そのためには機器情報を的確に提供できる仕組みが必要であり、NCTは遮断器開閉特性、接点損耗、変圧器の油温などのモニタリング、負荷電流からの寿命診断演算などを実現している。

#### 4.4 電気鉄道設備監視

広域にわたってリアルタイムに設備情報を活用するニーズの強い鉄道の監視計測へも、NCTの適用は広がっている。

(注2) 電圧変動の評価指標。PstはIEC(国際電気標準会議)標準、 $\Delta V_{10}$ は国内指標。



電鉄用変電所の機器状態、事故波形、遮断電流などをNCT経由で事務所からモニタリングする保安全管理システムの遠隔化が実現されている。更に、当社では電鉄用変電所の電力管理とNCTを用いた保全計測を統合したシステムを実用化している。NCTは、受電電圧の瞬低情報の取得、遮断器と断路器の動作時間や蓄勢時間の取得、及びき電事故時の推定短絡電流値演算を行うことで、事故解析や機器予防保全に役だっている。また、交流電気鉄道なき電回路に発生する故障を迅速に復旧する目的で、電車線路、トロリ線、及びき電線の故障点を標定する手段として、NCTを単巻変圧器(AT)配置点に設置して故障電流を取得することが提案されている。

#### 4.5 分散電源監視

1kW級家庭用燃料電池の大規模実証試験プロジェクトで、NCTを用いて燃料電池の運転データ、周辺データを定周期で監視サーバへ送る収集システムを開発し運用している。家庭で設置が容易なADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)あるいはDoPa<sup>(注3)</sup>によって周期的に詳細データを集め、異常検出時にメールで通知することが可能である。

地熱発電や風力発電においても、NCTにより運転情報や電力系統との連系点の電気量などの収集を行っている。

#### 4.6 需要家受変電設備監視

特高(20kV以上)・高圧(6kV)需要家である工場、ビル、大型商業施設などの産業用受変電設備、及び回線選択式変圧器装置などの遠隔監視を目的として、NCTと各種センサ類をコンパクトな監視箱に納めてシステムを構成している。受変電設備の受電1次側の系統事故、瞬時電圧低下、高調波発生、及び変電機器の接点情報の状態変化などのイベン

ト情報をユーザーの保安回線、ADSL、DoPaなどを介して遠隔の監視センターまで通知する。サーバでは簡易SCADA(監視制御システム)ソフトウェア、あるいはNCTからダウンロードしたJavaアプレットが稼働しており、リアルタイムでの警報監視や過去の履歴管理を行う。このシステムの導入は受変電設備の老朽化に伴う設備更新への対応にも有効であり、保安体制の無人化にも貢献している。

また、高圧需要家設備の絶縁監視、デマンド監視、省エネルギー診断、エネルギー管理、電力託送(30分同時同量制御)計測などにも使われている。

#### 4.7 エージェントシステム

当社は、世界に先駆けて組込み機器用モバイルエージェントプラットフォーム(MAP)を開発しており、電力システムの効率運用に役だてる目的で、研究を続けている。複数のNCT、保護リレー、サーバ上で稼働するエージェントを利用して、設備の巡視、整定変更、事故解析あるいは電圧安定制御などの監視制御システムの試作やフィールドテストを行っている。

## 5 あとがき

電力システムすべてを覆う情報端末として実用化したNCTの特徴と適用例を述べた。個々に発展してきた電力系統、配電、及び需要家の監視制御分野では、電力自由化や分散電源の普及などの環境変化により、従来とは異なった監視、制御、及び保護の創出が必要となってくる可能性がある。NCTが将来の電力システムの様々な局面で活用されていくことを期待する。

## 文献

- (1) 豊田淳一, ほか. “GPS・インターネットを用いた高精度フェーズ計測ユニットの開発”. 電気学会B部門大会. 札幌, 2000-08, A-162, p.482.
- (2) 三谷康範. GPSを利用した電力系統監視システム. 電気評論. **91**, 5, 2006, p.53-56.
- (3) 関口勝彦, ほか. ネットワーク形保護制御システムの検討. 電気学会論文誌B. **123**, 9, 2003, p.1030-1039.



土屋 武彦 TSUCHIYA Takehiko

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部主務。  
ネットワーク応用システムの開発に従事。情報処理学会、  
電気学会会員。  
Fuchu Complex



庄野 貴也 SHONO Takaya

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部主務。  
ネットワーク応用システムの開発に従事。電気学会会員。  
Fuchu Complex



関口 勝彦 SEKIGUCHI Katsuhiko

電力システム社 府中事業所 電力システム制御部主幹。  
ネットワーク応用システムの開発に従事。電気学会、電気  
設備学会、IEEE会員。  
Fuchu Complex

(注3) NTTドコモ・グループが提供する無線パケット通信サービス。  
DoPaは、(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモの登録商標。