

# デジタル化で現場作業の効率化に貢献する 制御ケーブル管理ツール

Control Cable Management Tool to Improve Work Efficiency at Sites through Digitization

川本 真也 KAWAMOTO Shinya 岡 雅明 OKA Masaaki

変電所や発電所などの電気所では、電力機器や制御盤（以下、盤と略記）などを接続する多数の制御ケーブルが布設されている。各ケーブルの機器-盤間での接続を示す接続情報などは、ケーブル布設図として紙ベースで管理されている場合が多く、メンテナンスに手間が掛かるほか、デジタルデータとして活用されていないという問題があった。

東芝エネルギーシステムズ(株)は、盤や、端子台、ケーブルなどの情報をデジタル化し、整備したデータから必要なデータや図面の出力を可能とすることで、現場作業の効率化に貢献できる制御ケーブル管理ツールを開発した。

A large number of control cables are used to transmit signals between equipment and control panels in electric power facilities including power generation plants and substations. However, as detailed data on such cable connections still depend on paper-based control cable drawings, these data not only require considerable time and effort for maintenance but also cannot be used as digital data at sites.

Toshiba Energy Systems & Solutions has developed a control cable management tool that contributes to improved efficiency of maintenance and other work at sites. This tool makes it possible to convert paper-based information related to control panels, terminal boxes, cables, and their connections to a digital format and to export necessary data and drawings as easy-to-use digitized data.

## 1. まえがき

近年、デジタル化やDX（デジタルトランスフォーメーション）が叫ばれるようになってきている。しかし、電気所などの現場においては、いまだに紙の図面を使って業務を行っている姿が見受けられる。その紙がCADで作られた図面の場合においても、デジタルデータとして活用できない絵としての電子化であることが多く、デジタル化による効果を得ることは難しい。

東芝エネルギーシステムズ(株)は、このような背景から、管理すべき情報の最小単位をデジタルデータ化し、それをベースとしてデジタルツインを構築していくことに取り組んでいる。その一環として、電気所で行われる業務（工事、作業）の対象となる設備（機器、盤）の管理と、デジタルデータでの管理が進んでいない制御ケーブルとの接続管理（ケーブル布設図管理）に着目し、そのデータ整備の仕組みとして、制御ケーブル管理ツールを開発した。

ここでは、制御ケーブル管理の現状の課題を示し、これを解決するために今回開発した管理ツールの特長、及び有効な活用方法について述べる。

## 2. 制御ケーブルの管理に関する課題

電気所においては、電力機器や盤などが多数設置され、更にこれらの盤間に多数の制御ケーブルが布設されている。

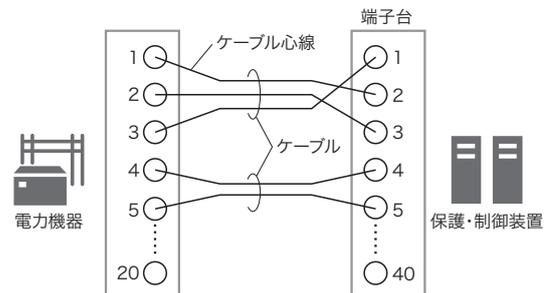


図1. 電気所内の制御ケーブルの接続例

盤に設けられた個々の端子は、ケーブル心線により接続先の盤の端子に接続される。

Example of connections between equipment installed at substation or power plant via control cables

図1に示すように、制御ケーブルは複数のケーブル心線が束になっており、盤に設けられた個々の端子とケーブル心線との接続により、複数の盤が接続されている。これらの制御ケーブルは、例えば変流器（CT）から取り込まれた電流を保護・制御装置に流したり、その計測値から事故が発生したと判断した場合には、保護・制御装置が遮断器（CB）にトリップ信号を送信することでCBを動作させて事故区間を電力系統から切り離したりするなど、電気所内の機器や盤の動作に関わる重要な信号を扱っている。

配電用変電所の場合、ケーブル心線が接続される端子数

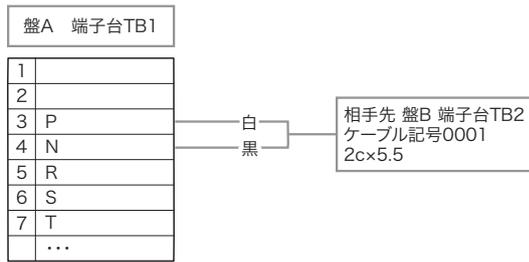


図2. ケーブル布設図の記載例

各盤の端子台ごとに、端子情報とそれらに接続されるケーブル接続情報が記載される。

Example of control cable diagram

で5,000～10,000端子、ケーブル心線を束ねたケーブル数で500～1,000本程度の管理が必要となる。これらの制御ケーブルによる機器や盤の接続関係を示す情報は、図面（ケーブル布設図）として、各盤の各端子について図2のように管理され、電気所単位でまとめられている。また、設備の新設、撤去、取り替えなどの工事の際、ケーブルの切離作業や接続作業が発生するため、その都度、ケーブル布設図が参照・更新されていく。

このように膨大かつ複雑な情報であるにもかかわらず、通常ケーブル布設図は、紙で管理されているのが実態である。例えば、ケーブル布設図を見て現在の接続状況を確認しようとしても、図2のように盤Aからの接続状況しか分からないため、別のページに記載された盤Bの情報も併せて参照する必要がある。このような二つの盤の組み合わせが電気所内に多数あるため、ケーブル情報を確認するだけでも大きな負担となる。

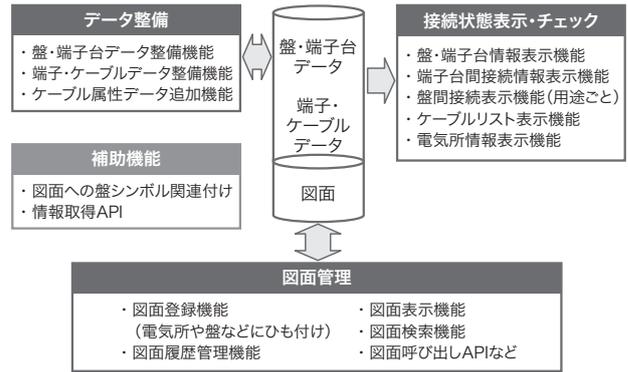
更に、ケーブル布設図は電気所の現場、又は電気所を管轄する事務所に保管されている。そのため、例えば工事でケーブルを切り離す際は、紙の図面を入手し、図面から対象ケーブルをリスト化する、といった作業が発生する。また、図面の情報が正しいことを確認するため、工事の度に現場の実態と照合を行っているケースが多い。

このように、メンテナンスに多大な労力を必要としている制御ケーブルの管理をデジタルデータ化によって改善し、かつデータを有効活用できる仕組みに変えていくことが、大きな課題となっている。

### 3. 制御ケーブル管理ツール

#### 3.1 ツールの機能の概要

上記の課題を解決するために、当社は制御ケーブル管理ツール（以下、ツールと略記）を開発した。このツールの機能は、図3に示すように大きく三つに分類される。



API: Application Programming Interface

図3. 制御ケーブル管理ツールの機能

制御ケーブルに関する情報をデジタル化されたデータベースとして保有し、データ整備機能、接続状態表示・チェック機能、及び図面管理機能の三つの主要機能により、制御ケーブル管理を行う上で必要な情報を整備・提供する。

Functions of control cable management tool

#### 3.1.1 データ整備機能

Microsoft Excelファイルを活用して電気所内の盤・端子台・ケーブル情報の入力を支援し、ツール内のデータベースに活用できる形式に整備して取り込むことができる。このデータ整備機能を用いた初期データと設備更新後のデータの整備については、3.2節、3.3節で詳細に述べる。

#### 3.1.2 接続状態の表示機能

データベースに取り込んだケーブルデータが、ケーブル両端の接続先を含めて正しく入力されているかどうかを、チェックする機能を持っている。このチェック機能については、3.4節で詳細に述べる。

#### 3.1.3 図面管理機能

電気所単位で管理すべき図面（電気所平面図など）や、盤にひも付けて管理すべき図面（展開接続図など）について、履歴の管理、及び登録・検索・表示を可能としている。接続状態表示の画面から図面表示画面に簡便に移行できることから、ケーブルデータと併せて図面を確認する際などに活用することを想定している。

### 3.2 データ整備機能を用いた初期データ整備

ツールに入力するデータの整備用として、2種類のExcelファイルを用意している。一つは設備情報入力用であり、盤情報と、各盤内の端子台情報を入力する。もう一つは、端子やケーブルの詳細情報を入力するために使用する。

入力作業として最も負担となるのは、端子やケーブルの詳細情報入力であるが、特別な知識がなくても紙のケーブル布設図の情報を80%程度は転記できるように、入力ファイルのシート構成や入力手順を工夫している。また、入力され

たデータが接続先側と矛盾・誤りなく整備されているか否かについて、管理者がマクロ機能を活用して効率良く確認できる仕組みを実現している。

### 3.3 データ整備機能を用いた設備更新後のデータ整備

盤の取り替え工事などを行う場合、撤去する盤や新たに設置する盤、及びそれらの盤に接続されるケーブルの情報を変更・追加する必要が出てくる。ツールは初期データ整備だけでなく、こうした設備更新工事に伴うデータ整備にも活用できるように、下記の機能を持っている。

- (1) 撤去する盤を指定することで、その盤に接続されたケーブルの情報を一括削除することが可能
- (2) 新設する盤の端子台情報をツール上で登録することで、新しく布設するケーブル接続情報を登録するファイルをダウンロードでき、初期データ整備と同様に設備更新後のデータ整備が可能

このデータは、更新前の接続状態（マスター）を示すデータとは区別して、更新履歴として管理できる。そして、竣工のタイミングでマスター切り替えを行うことで、設備更新後の最新データを現在の接続状態にすることができる。このように、紙の運用で課題となるケーブルデータのメンテナンスについて、管理を容易にする仕組みを備えている。

### 3.4 接続状態表示機能とそれを用いたデータチェック機能

ツールのトップ画面を、図4に示す。ツールの利用はブラウザベースであり、サーバーにアクセスした後、ユーザー認証を行い、トップ画面を表示する。この画面の右上にあるリストから電気所を選択する。画面の左側に示すように、電気所の平面図などに盤単位でシンボルを配置でき、これらをクリックすることで、端子やケーブルのデータを参照したい盤の情報に素早くアクセスできる。画面の右側には、設備情報やケーブル情報をデータとして参照する情報表示メニュー、図面管理メニュー、及びデータの入出力を行うメ

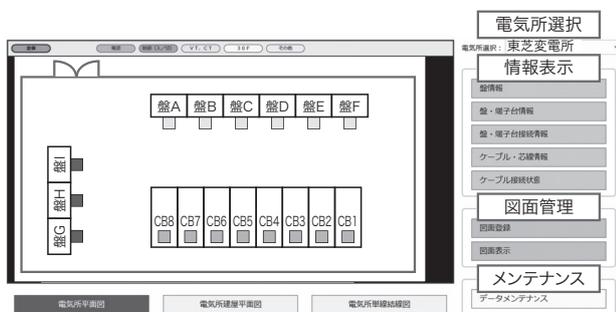


図4. 制御ケーブル管理ツールのトップ画面

電気所の平面図などと関連付けることで、ケーブルや端子のデータを参照したい盤の情報に素早くアクセスできる。

Top screen of control cable management tool

ンテナンスメニューを配置している。

図5は、ケーブルの接続状態表示画面である。中央に対象の盤を表示し、選択した端子台について、ほかの盤とのケーブル心線の接続関係を端子ごとに表示できる。相手先の盤を選択すれば、その盤を中心にした表示に切り替えられる。また、ケーブルの接続先で正しくデータが入力されていない場合は、接続先が不明であることを視覚的に示し、接続関係のチェックに役立てられる。

図6は、盤間の接続関係を示す画面である。データ整備の段階で、端子又はケーブルごとに使用用途（電源、制御、VT（計器用変圧器）・CTなど）を割り当てることができ、用途ごとに盤間を辿った接続関係を一覧表示できる。従来は、ケーブル布設図を参照して人手により図面化しないと把握が難しい表示であったが、このツールを使えばデータを整備するだけで自動的に作成可能となる。

図7は、入力したデータを図2に示したような一般的なケーブル布設図の形式で表示し、Excelで出力した一例である。一つの端子に二つのケーブル心線が接続されている場合や、盤内側に接続されるケーブルなど、多様な接続関係の表示に対応している。一般的なケーブル布設図と遜色のない表示が可能のため、従来のようにケーブル布設図を

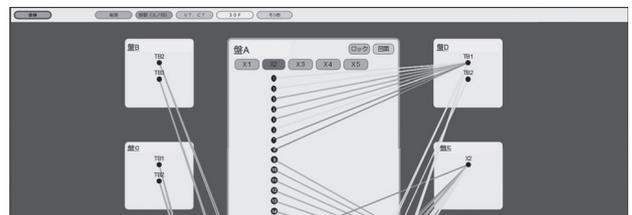


図5. 接続状態の表示画面例

接続先の盤と端子台を、視覚的に確認できる。

Example of display showing cable connections

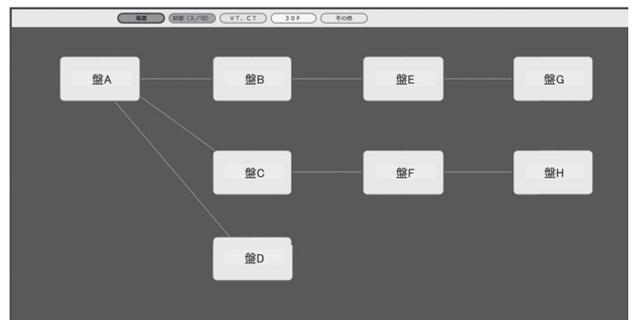


図6. 盤間のケーブル接続状態の表示画面例

使用用途ごとに、盤間のケーブルのつながりを追うことができる。

Example of display showing cable connections between control panels



図7. デジタルデータを用いたケーブル布設図の表示例

データベースに保持するデジタルデータを基に、信頼性の高いケーブル布設図の表示と出力が可能である。

Example of display showing control cable diagram created by digital data

東芝変電所

No	From側 (若番側)			To側 (老番側)			心線数	長さ (m)	太さ (mm <sup>2</sup> )
	盤No.	盤名、端子台No	ケーブル記号	盤No.	盤名、端子台No.	ケーブル記号			
1	盤A	○口盤 TB1	0001	盤B	△△盤 TB2	0001	2	20	5.50
2	盤A	○口盤 TB2	0002	盤B	△△盤 TB2	0002	2	20	5.50
3	盤A	○口盤 TB2	0003	盤C	□口盤 TB2	0003	4	15	3.50
4	盤A	○口盤 TB3	0004	盤C	□口盤 TB3	0004	10	15	3.50
5	盤B	△△盤 TB1	0005	盤C	□口盤 TB4	0005	2	30	3.50

図8. ケーブルリストの表示例

データベースに保持するデジタルデータを基に、自動でケーブルリストを作成でき、書類作成の省力化が可能となる。

Example of display showing control cable list

紙の図面として作図・更新していく必要はなく、データを整備・更新し、そのデータから図面を自動作図・出力して利用する運用方式を想定している。

更に、整備したデータから図8のようなケーブルリストを自動で作成し、チェックに役立つことができる。ケーブル長などの情報を追加する機能や、盤と使用用途を選択して対象ケーブルを抽出する機能なども備えている。

#### 4. ツールで整備したデータの有効活用

電気所における業務では、このツールで整備したデジタルデータや、それらをツールからExcel形式で出力して加工したデータを幅広く活用できると考えられる。図9は、その活用イメージを示している。作業や工事において、対象となるケーブルの接続状態の確認などに利用する場合、ケーブル布設図などのデータの信頼性が高く、工事資料準備の大幅な効率化が可能となる。

また、設備更新工事などの一連の業務においては、工事前後のケーブルの接続状態を管理することで、工事の各ステージにおいて下記のような様々な利用シーンを見いだすことができる。

- (1) 工事設計ステージでは、図8に示したケーブルリストを自動作成することで、書類作成を省力化

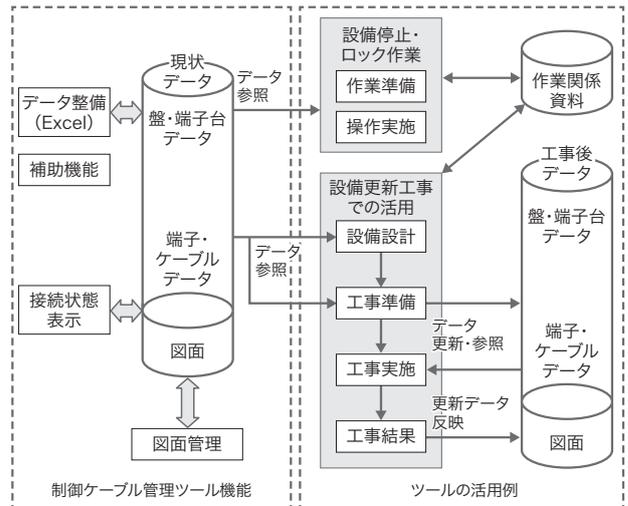


図9. ツールデータの業務での活用イメージ

設備停止やロック作業、設備更新工事にて、ツールが保持するデジタルデータが有効活用できる。

Potential application of tool data to field operations

- (2) 工事準備ステージでは、図7に示したケーブル布設図のような作業管理に必要な情報を作業ステップごとに出力して利用することで、書類作成を省力化
- (3) 工事後の資料保存も容易となり、将来の工事の際に事例として活用可能

業務での活用の際には、適用するユーザーの運用・ニーズに合わせて、ツールの提供方法としては2通りがあると考えられる。一つは、ツールの出力データをユーザー自身がExcelなどで業務用に加工して利用する運用ケースに対応して、ツールの標準機能だけを提供する方法である。もう一つは、ツールをベースとして、ユーザーの業務システムに組み込むケースであり、この場合は、業務運用に合わせて、インデントシステムとして構築していくことになる。これら二つの形でツールを業務に活用することを、想定している。

#### 5. ツールを使った今後の展開

電力会社の電気所で、業務を革新的に効率化するには、このツールを核として4章に示したインデントシステムの形で広げていくことが望ましいと考えられる。現在、電力会社が保有している設備データは、資産管理に必要な粒度であることが多いが、ツールで管理するデータは、現場管理に必要な最小単位に近い。現場業務は、このデータ粒度で管理し、資産管理側とも連携を図ることで、幅広い業務で相乗効果を生むことも期待できる。

上記のシステム化以外の観点では、例えば電力機器を納めるメーカーとしての活用も考えられる。現行、機器の端子

台情報は図面の形で納入しており、納入先がその情報を参照してケーブル布設図に転記している。その代替として、当社が用意したExcel形式で納入すれば、納入先が端子台情報をデジタル情報として管理できる。また、電気所の設備工事を一括で請け負う場合、電気所内のケーブルエンジニアリングにこのツールを活用することで、電気所設計、工事業務の効率化を図ることができるほか、納入先にツール又はデータを提供する形態も想定できる。

## 6. あとがき

制御ケーブルの管理は、関連業者間の図面のやり取りや、安全対策などのノウハウも含めた結果として、何十年も手作業の文化が続いてきた領域であり、全面的なデジタル化に一気に移行させるのは容易ではない。しかし、何もしなければ、10年後も現状のまま手作業を続けていることになる。多少の手間を掛けてでも、デジタルデータ化していくことが、今回開発したツールを使用することで可能となる。これをスタート台にして、現場業務全般を、更に効率良く改善することに今後も貢献していく。

・ Microsoft, Excelは、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標。



川本 真也 KAWAMOTO Shinya  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
DX 統括部 新規事業開発部  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



岡 雅明 OKA Masaaki  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
グリッド・ソリューション事業部 グリッドサービス事業推進部  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.