

快適以上を、世の中へ。

**TOENEC**

中部電力グループ

# Technology Development Report

2016.10

vol.32

# C O N T E N T S

## はじめに

- 現場作業における作業環境改善 ..... 3  
取締役 専務執行役員 住田 輝友

## 特別寄稿

- 人や社会と共生するロボットを実現する情報技術 ..... 4  
名古屋工業大学 大学院工学研究科 情報工学専攻 教授 加藤 昇平

## 技術報告

- 中間皮剥ぎ器の開発 ..... 12  
配電統括部 技術グループ/天野 佳幸
- 墜落防止タラップ用支持柱の開発 ..... 16  
中部本部 情報通信部 事務・技術グループ/野寺 泰司
- コージェネレーションシステム運転時の受電点力率低下事例 ..... 20  
営業本部 内線統括部 技術グループ/山下 絢也/山田 啓太
- コージェネレーションシステムの運用最適化ソフトの開発 ..... 24  
技術研究開発部 研究開発グループ/棚橋 優/千葉 理恵
- 当社独自の分析診断機能を備えたエネルギーマネジメントシステム  
「ToEMS(トエムス)」の開発 ..... 28  
技術研究開発部 研究開発グループ/高橋 和宏
- 配電線工事におけるタブレットPCの活用 ..... 34  
配電統括部 計画・システムグループ/渡辺 佑介  
情報システム部 システムグループ/山田 義樹

## 施工事例

- 多様な設置条件に対応した太陽光モジュール基礎工法について ..... 38  
名古屋支店 地中線工事部 インフラグループ/伊藤 佑介
- 日本大学新学部校舎新築工事 ..... 42  
東京本部 内線部 工事第一グループ/齊川 純吾

## 技術研究開発部だより

- ..... 46

## 編集後記

- ..... 64

快適以上を、世の中へ。

*TOENEC*

# Technology Development Report

2016.10





# 現場作業における作業環境改善

取締役 専務執行役員

住田 輝友



最近の経済動向は、個人消費に足踏みが見られ、設備投資の伸びが鈍化しているものの、雇用・所得環境の着実な改善や住宅建設の持ち直しから、総じて緩やかな回復基調にあると言われております。

また、電力業界では、今年4月から電力小売全面自由化がスタートし、各地域で様々な事業者が新規参入し、サービスの多様化が進んでいます。

そのような中、配電部門(架空線部門)は、東日本大震災以降、ベンチマーク・競争導入が問われ、安全・品質・生産性向上において業界トップランナーを目指し各種施策を展開しています。

工具・工法の開発にも取り組んでいますが、実質的には、「もっと安全に」「もっと確実に」「もっと楽に」ならないかという現場からの意見・要望をベースに、既存の工具を改良したり、やり方を変えるといった「改善」の延長線上のものがほとんどです。

特に、ここ数年では、工具・工法に関わらず、現場からの意見・要望を積極的に収集し、それを具現化していくことで、現場第一線と本店との意思疎通が促進されているものと感じています。

配電部門の取組の1例として「柱間切分工法」について紹介させていただきます。

この工法は、安全および作業効率に大きく寄与する工法として、平成25年度から本格採用されております。導入後、まだ間もない工法ではありますが、最近においては使用箇所の拡大もされ、作業の中心的な工法として定着されつつあります。

この工法には、4つの特徴・効果があります。

一つ目は、感電に対するリスクが排除されることです。

二つ目は、保護具の着用が必要なく、作業者の肉体的・精神的疲労が軽減されることです。

三つ目は、雨天での作業が可能となり、雨天中止による計画変更等のロスが減少することです。

四つ目は、開閉器や振り分け装柱箇所のように実施箇所が限定されず、基本的に高所作業車によるアプローチが可能な径間途中であれば、どこでも適用可能であるため、停電するお客さまを最小限に抑えられ、仮送電作業においてケーブル布設を最小限に抑えられ、作業の効率化にも繋がることです。

「技術開発」という点では、既に採用している会社もあり、当社は後発となりますが、開発した工具類は、先行して導入した各社の良いところを取り入れ、他社と比較して使い勝手の良いものになったと自負しております。また、2名1組で実施する工法ですが、現場技術者から1名でも実施できるとの提案があり、その提案をベースに一部の装柱では1名作業を実現しており、「改善」という点では当社の強みを発揮できた事例です。

以上紹介したように、配電部門(架空線部門)では、実作業における作業環境の改善を主とした工具・工法開発を行っております。また、平成28年3月から「継続して改善が進む強い現場」を作り出すためにモデル営業所を設定してトヨタ生産方式を導入しました。「改善」の積み重ねが現場を強くする「技術開発」の原動力になると認識しています。

これからは他の競合会社との差別化を考えれば、例えば、防護に使用される万能力バー(何十年と変更されていない)などの素材研究を行い、より安全、より効率化を目指した製品開発なども必要となってくることから、将来的には、そういった基礎研究などへも取り組んで行く予定です。

今後も、魅力ある作業環境づくりを目指し、現場と一体となった技術開発を推進し、作業者の負担軽減、安全・品質の確保および作業の効率化・省力化に取り組むとともに、技術力・ノウハウの継承に一層の研鑽と努力をしていきたいと思います。

# 人や社会と共生するロボットを実現する情報技術

名古屋工業大学  
大学院工学研究科 情報工学専攻  
教授 加藤 昇平



## 1. はじめに

産業におけるロボット技術開発の成功体験を経て、ロボットと人の共生をめざした、社会や人々の暮らしに役立つロボットの開発が期待されている。こうしたなか、近年の情報技術（IT）とロボティクス（RT）の目覚ましい発展に伴い、エンターテインメントロボットやペットロボットなど、人間との同居や同伴を想定したロボットが開発・商品化されている。産業機械でなく人間の暮らしの側にあるロボットには、人間の持つ知能や社会性が求められる。人工知能の理論と計算技術を用いてロボットに人間の持つ知能や社会性を与えるためには、形式知の情報表現（知識表現）と計算（推論）処理だけでは限界があり、感情知や暗黙知のような、より柔軟で人間らしい知能を目指すべきと考えてきた。そこで本稿では、著者が近年取り組んできた、人間が持つ身体性と心理特性に着目した人とロボットの新しい関係を模索する2つの研究事例を紹介する。

## 2. 身体運動を用いたヒューマノイドロボットの直感的な運動生成

人間に似た身体構造を持つヒューマノイドロボットは身振り手ぶりやアイコンタクトなど、身体動作を用いることによってより円滑なコミュニケーションが可能である [1]。中でも、ヒューマノイドロボットを介した遠隔コミュニケーションは、ビデオ通話などの従来の遠隔通信ではできなかった、存在感の伝達や物理空間の共有が可能であるとして注目されている [2]。

一方で、ヒューマノイドロボット研究の発展に伴い、モーションキャプチャによって観測された

人間の身体動作によってヒューマノイドロボットの運動生成を行う手法が研究されている。しかし、観測された人間の姿勢をロボットに適応する場合には、人間とロボットの構造の違いや自己干渉などを考慮し、人間の姿勢情報をロボットの姿勢情報に適切に変換しなければならない。

そこで我々は、ロボットの構造情報を用いない運動生成手法として、連想運動生成（Associative Motion Generation, AMG）を提案し [3]、これにマイクロソフト社製Kinectセンサーを用いて身体動作による直感的な入力が可能インターフェースを実装することによって、直感的なリアルタイムヒューマノイドロボット操作システム（図1）を提案している [4]。つまり、Kinectによって人間の身体動作を観測し、身体の代表部位の座標を抽出し、これをAMGに入力することで人間の身体動作に対応するロボットの運動を直感的に生成することが可能となる。同システムでは代表的な身体の座標として両腕の座標に着目し、上半身の動きを生成するロボット制御システムを実装した。

AMGとは、指示情報とロボット自身の運動の対応関係を学習し、初めて与えられる指示情報に対して、過去に学習した指示情報との類似性をもとに対応する運動を連想し、新たに運動を生成する手法である。指示情報とは、ロボットがセンサを通じて取得する時系列の値であり、本稿では、教示者の手の3次元的な座標情報を用いる。また、教示者から与えられる指示情報に応じて、ロボットが生成する運動を**対応運動**と定義する。AMGは2種類のニューラルネットワークを連結することによって構成される。

指示情報の類似性の認識には、非線形主成分分析の機能を持つ5層の砂時計型ニューラルネット



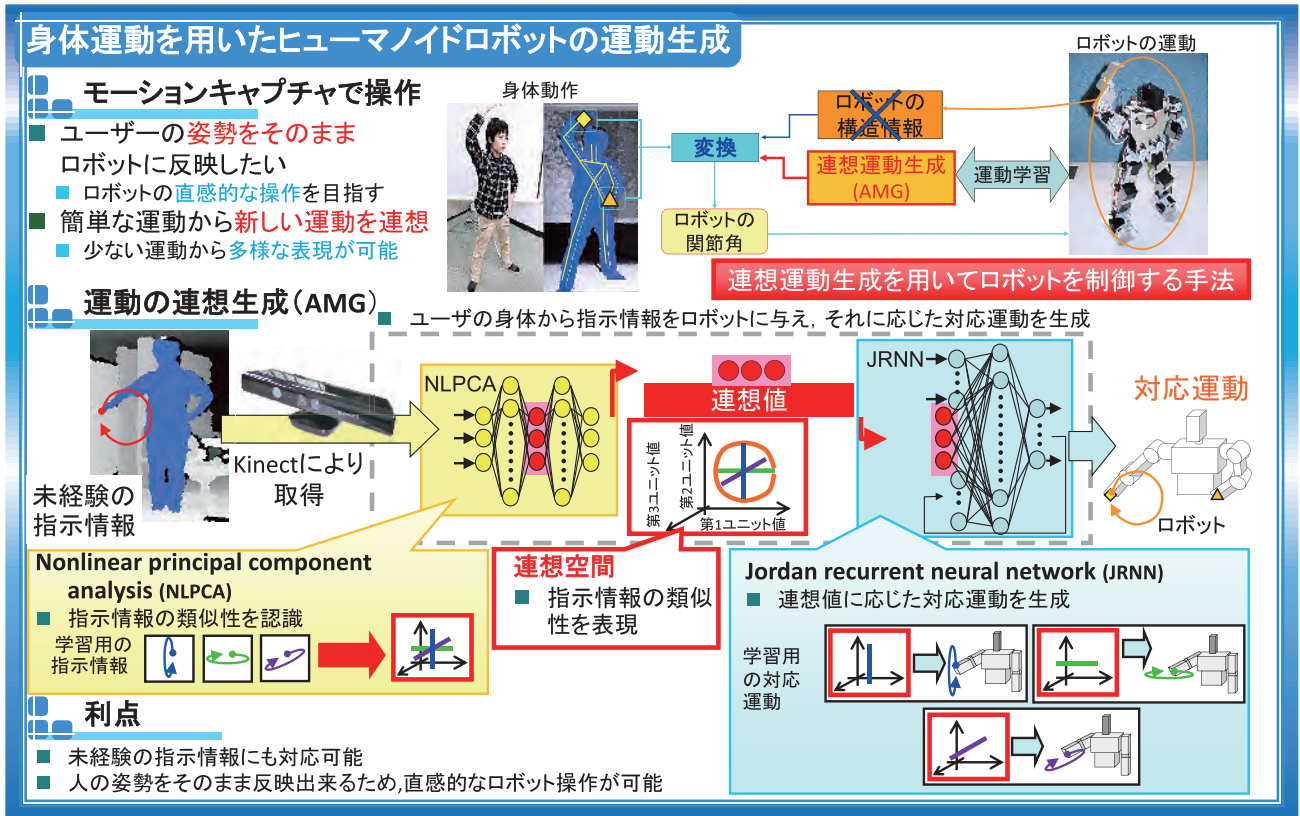


図1 連想運動生成(AMG)を用いた直感的なロボット制御インターフェイス

ワーク (NonLinear Principal Component Analysis, NLPCA) [5] を用いる。NLPCAは恒等写像学習を行うことにより、入力情報の特徴を抽出する機能を持つ。本稿では、NLPCAによって抽出された値を**連想値**と呼ぶ。NLPCAの学習を行うことにより、未経験の指示情報が入力されたとき、既学習の指示情報との類似性が連想値に反映される。本研究では、その値を運動生成に利用する。

ロボットの運動生成にはJordan型Recurrent Neural Network (JRNN) [6] を用いる。JRNNは出力層から入力層へのフィードバックを持つ再帰型ニューラルネットワークで、前時刻の出力値が次の出力に影響を及ぼす性質がある。そのため、入出力に各時刻のロボットの関節角を用いることで、連続した時系列の関節角が出力として得られる。そして、その出力系列がロボットの運動となる。本研究では、JRNNに既学習の指示情報の連想値とその指示情報の対応運動を学習させることで、指示情報に対応するロボットの運動出力を行う。

AMGは、図1に示すように、NLPCAとJRNNを連想値によって連結した構造をもつ。そのため、未経験の指示情報が与えられた場合には、その類似性がNLPCAによって連想値に反映される。そして、

その連想値からJRNNによって対応運動を生成することで、未経験の指示情報の類似性を反映した運動生成が可能となる。

## 2.1 未経験の指示情報に対する新規運動の連想生成

図2に提案システムを用いてロボットを動作させている様子を示す。同図より、教示者の自由な身体動作に対してリアルタイムに対応運動が生成されているのがわかる。このシステムを実現するためにロボットに事前に訓練させた運動は、両腕を上下や左右に単純に動かす運動のみである。AMGは、これらの単純な運動を基にして人間の手先の自由な動きに対応する複雑な運動を生成できている。

## 2.2 Kinect+AMGを用いた遠隔コミュニケーション

ヒューマノイドロボットを介した遠隔コミュニケーションに関しては、多くの研究がなされている。森田ら [7] はビデオ会議システムに応用した。しかし、ロボットに反映される人間の身体動作が頭部だけであり、ロボットの身体性を活かしてきれていなかった。鳥山ら [8] は遠隔授業支援システムに応用したが、授業とロボットの動作制

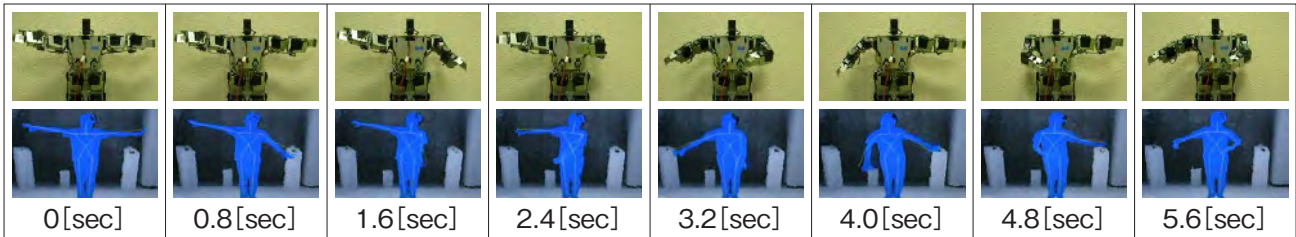


図2 提案手法の動作実演

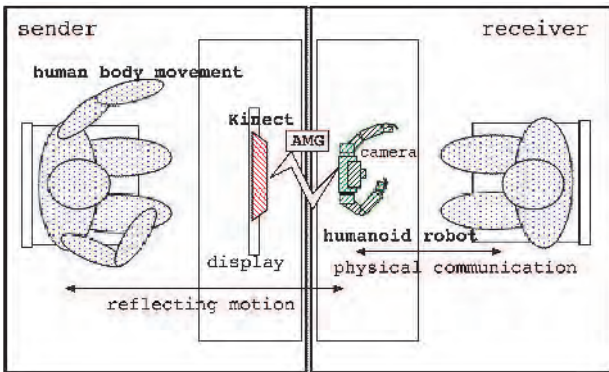


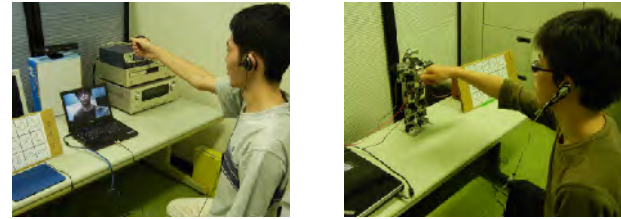
図3 AMG-Avatarの概要図

御を同時に行うことによる動作のぎこちなさと操作性の悪さを問題点にあげている。我々は、より効果的な遠隔コミュニケーションを行うためには、ロボットの持つ身体性を最大限に引き出し、身体動作を用いた操作によって、対話者と物理的なコミュニケーションを行うべきだと考える。また、コミュニケーションメディアとして普及させるためには、あらゆるロボットに容易に適用できる操作手法を用いる必要があると考えられる。

そこで、我々は物理的接触が可能な遠隔コミュニケーションシステムとして、Kinect+AMGを用いて身体動作による操作が可能なヒューマノイドロボットを介した遠隔通信システムを提案した (AMG-Avatar)。また、Kinect+AMGはロボットの構造情報を必要としないため、あらゆるロボットに容易に適用可能である。提案システムの概要図を図3に示す。送信者は身体動作を用いて、遠隔地のヒューマノイドロボットの操作を行い、受信者はロボットと物理的なコミュニケーションを行う。このとき、受信者の動きはヒューマノイドロボットに搭載されたカメラにより、送信者に伝えられる。

### 2.2.1 コミュニケーション実験

提案システムの有用性を検証するため、コミュニケーション実験を行った。遠隔地にいる人同士がアバターを介して身体動作を用いていくつかの



(a)送信者 (b)受信者

図4 実験の様子

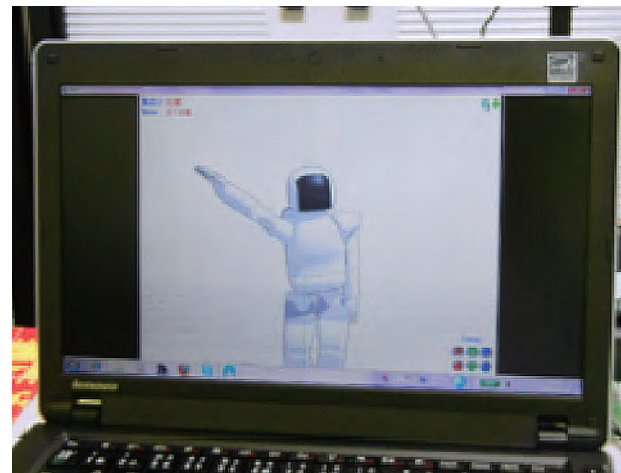


図5 スクリーンアバター

身体的コミュニケーションを行う。コミュニケーション実験の様子を図4に示す。比較対象として、Kinectによって観測された人間の姿勢を立体的に表現するスクリーンアバターシステム [9] を用い、キャラクターモデルはヒューマノイドロボット [10] を選択した (図5)。実験は送信者と受信者の組で行われる。被験者の組は大学生の男女17人の中からランダムに10組選択し、提案システムと比較対象でそれぞれ5組ずつ対話を行った。選択された組は対話後、送信者と受信者を入れ換え、再度対話を行う。そのため提案システムと比較対象で、それぞれ10回ずつ対話が行われる。実験は以下の手順で行った。

#### 1. あいさつ

あいさつを行う。提案システムの場合は握手、比較対象の場合は手を振る動作をする。



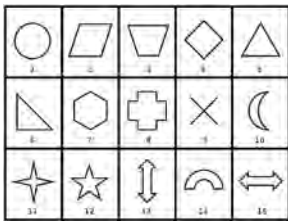


図6 ジェスチャ表

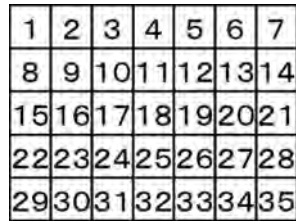


図7 指さしゲームのボード

## 2. ジェスチャゲーム

ジェスチャによって図形を伝達する。送信者は図6に示す中からランダムに選択された図形を身体動作によって伝達する。受信者はその動きを反映したアバターの動きを見て、それがどの動作かを回答する。

## 3. 指さしゲーム

指さし動作によって、座標の伝達を行う。送信者は受信者が持つ図7の描かれたボードに向けて、指さし動作を行い、受信者はアバターの動作を見て、指定された座標を答える。

### 2.2.2 ゲームの成績

表1にゲームの成績を示す。ジェスチャゲームに着目すると、双方とも高い正解率を獲得していることから、双方とも正確なジェスチャ伝達ができていることがわかる。また、ややスクリーンアバターが高い成績を獲得していることが確認できる。これは、スクリーンアバターは実体を持たないため、関節の干渉などを考慮せずに自由に動作させることができ、より細かい動きを伝えることができたと考えられる。一方で、指さしゲームに着目すると、AMG-Avatarが大きく勝っていることが確認できる。これは、AMG-Avatarは実体を持つため、アバターが指差す座標を送信者がフィードバックできることによるものと考えられる。これらの結果から、提案システムは正確なジェスチャ伝達が可能であり、かつ実体を持つならではの物理的なコミュニケーションができることが確認された。

表1 コミュニケーション実験の成績

	AMG-Avatar	スクリーンアバター
ジェスチャゲーム	83.3[%]	93.3[%]
指さしゲーム	73.3[%]	43.3[%]

## 3. ロボットに心を宿す情報処理と感性のインタラクション

人や社会と共生するロボットには、人が生活している空間に違和感なく存在できるような親しみやすさや振る舞いが求められており、外観はもとより、行動や内部の制御においても人間の感性・心理を考慮したデザインが重要である。こうしたなか、当時の指導教授の恩やベンチャー企業との縁が重なり「感情豊かな会話コミュニケーションを通じて人の心を癒すようなロボットを作りたい」の合言葉に、2002年にロボット開発の産学官連携プロジェクトに参加する幸運に恵まれた。そして、感性会話型ロボットが開発され2003年3月にifbotが誕生した。このロボットは、ユーザーとの音声対話を楽しむための会話処理の基本技術に加えて顔からの感情表出に特徴があり、次節で述べるように、眼、瞼、首に設けられたモータと多数のLED発光装置で様々な顔表情を表現できる機能が搭載されている。しかしながら、会話処理と表情制御は作りこみの部分が大半で柔軟性に欠け、ハードウェアの機能が十分に活かされていなかった。そこで我々は、このロボットをプラットフォームにロボットの普遍的感情表現と表情表現手法について明らかにした。

### 3.1 感性会話ロボットifbot

図8に感性会話ロボットifbot [11]の外観を示す。ifbotは身長45cm、体重8kgで、2本の腕を持ち、車輪によって移動するロボットである。同ロボットの胸部にはマイクが設置されており、このマイクより外部の音声を読み取りことができる。

図9にifbotの表情表出機構の概要を示す。ifbotは表情表出のために、10のモータおよび104のLEDを持つ。モータは、首を2軸（同図 $\theta_{N1}$ 、

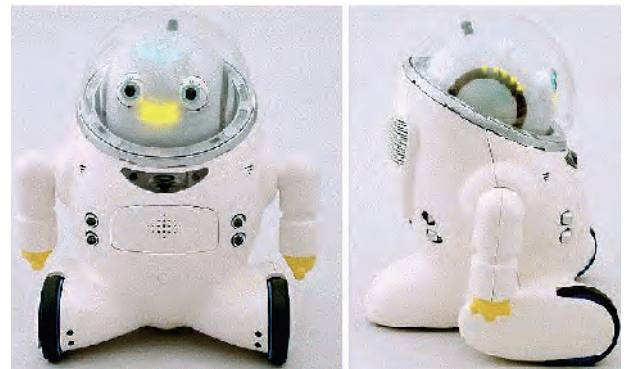


図8 感性会話ロボットifbot



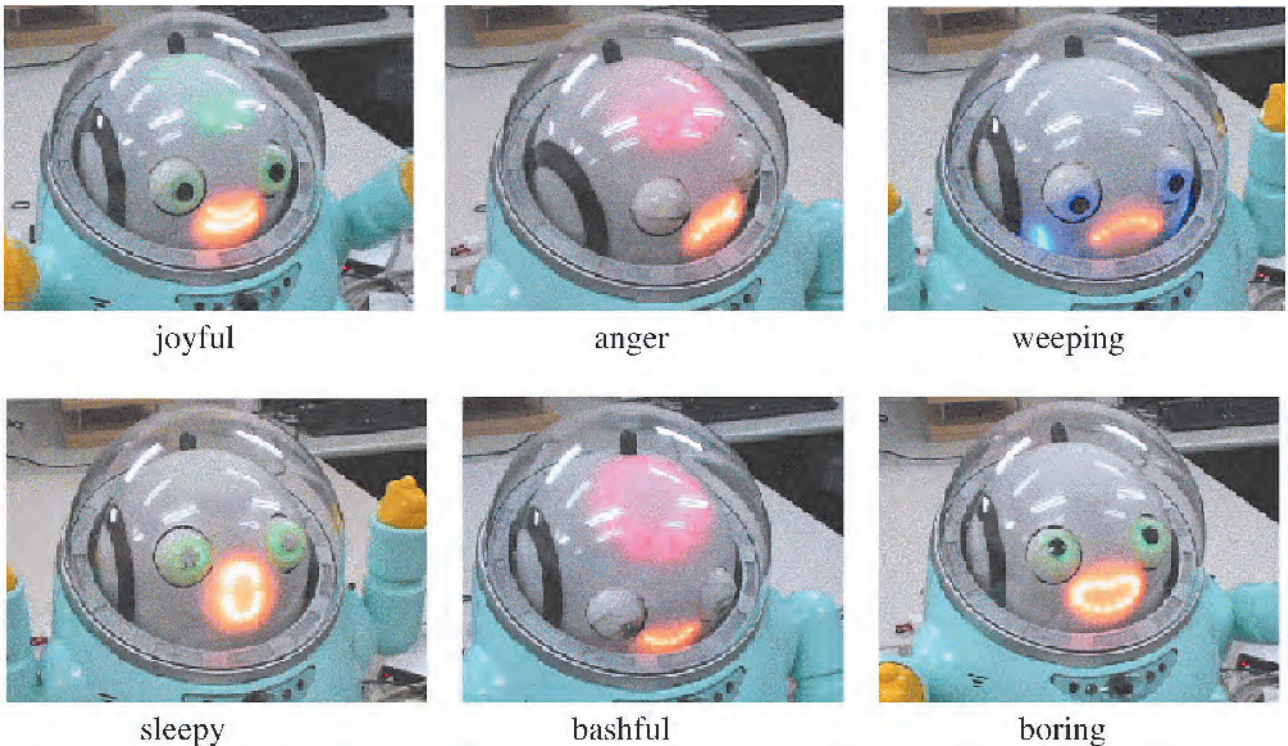


図10 ifbotの多彩な表情表出

$\theta_{N2}$ ), 左右の目を2軸 (同図  $\theta_{E1}^{(L)}, \theta_{E2}^{(L)}, \theta_{E1}^{(R)}, \theta_{E2}^{(R)}$ ), 左右のまぶたを2軸 (同図  $\theta_{L1}^{(L)}, \theta_{L2}^{(L)}, \theta_{L1}^{(R)}, \theta_{L2}^{(R)}$ ) の方向へ動作させる。LEDは、頭部 ( $L_H$ )、口部 ( $L_M$ )、目部 ( $L_E$ )、頬部 ( $L_C$ )、涙部 ( $L_T$ )、耳部に配置され、頭部3色 (橙、緑、赤)、口部1色 (橙)、目部3色 (緑、赤、青)、頬部1色 (赤)、涙部1色 (青)、耳部1色 (橙) を発色する。これらにより40種類以上の表情を表すことができる。図10にこれらの表情表出の例を示す。

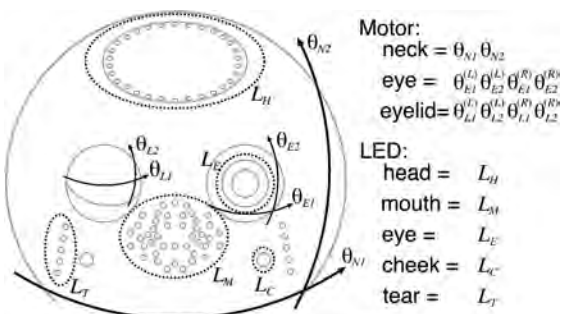


図9 ifbotの表情表出機構

このロボットを用いた感性ロボティクスの技術的課題は、ロボットの高度な擬人化を実現する要素技術として、会話や画像認識・通信の基本処理の中に、感情認識、感情制御、感情表出、の3つが整合された感性情報処理を実現することである。これにより、本研究にて開発するロボットは、生活支援

や情報提供などユーザーに利便性を提供するのみならず、会話を通じたロボットとのコミュニケーションにおいてユーザーに心的作用をもたらすと考える。そこで、この会話型ロボットifbotを感性ロボティクスの研究開発基盤として、以下の技術課題を実現する数々の研究を通して感情認識・感情生成・感情表出の三位一体の技術を研究してきた (図11)。

(1) ロボットが対話相手の感情を認識する。

ここでは、感情認識の推論手法として、不確実性を伴う入力情報の下でも合理的な推論を行うことができるベイジアンネットワークに着目し、話者の発話動作から抽出された音声の非言語的特徴 [12]、[13]、[14] や顔表情変化 [15]、[16] から話者の感情を認識するための推論処理技術を開発している。

(2) 人間と同様に心理的な内部感情が移り変わる機能を持つ。

ここでは、人間のあらゆる情動が「快 (pleasure) - 不快 (unpleasure)」、「覚醒 (arousing) - 眠気 (sleepy)」の2次元平面上に存在するとされる、Russelの感情円環モデル [17] に着目し、上記の2次元上に配置した極座標ベクトルの方向及び大きさをそれぞれ感情の種類と大きさとしてロボットの内部状態を表現する方法を採用している。人間との会話インタラク

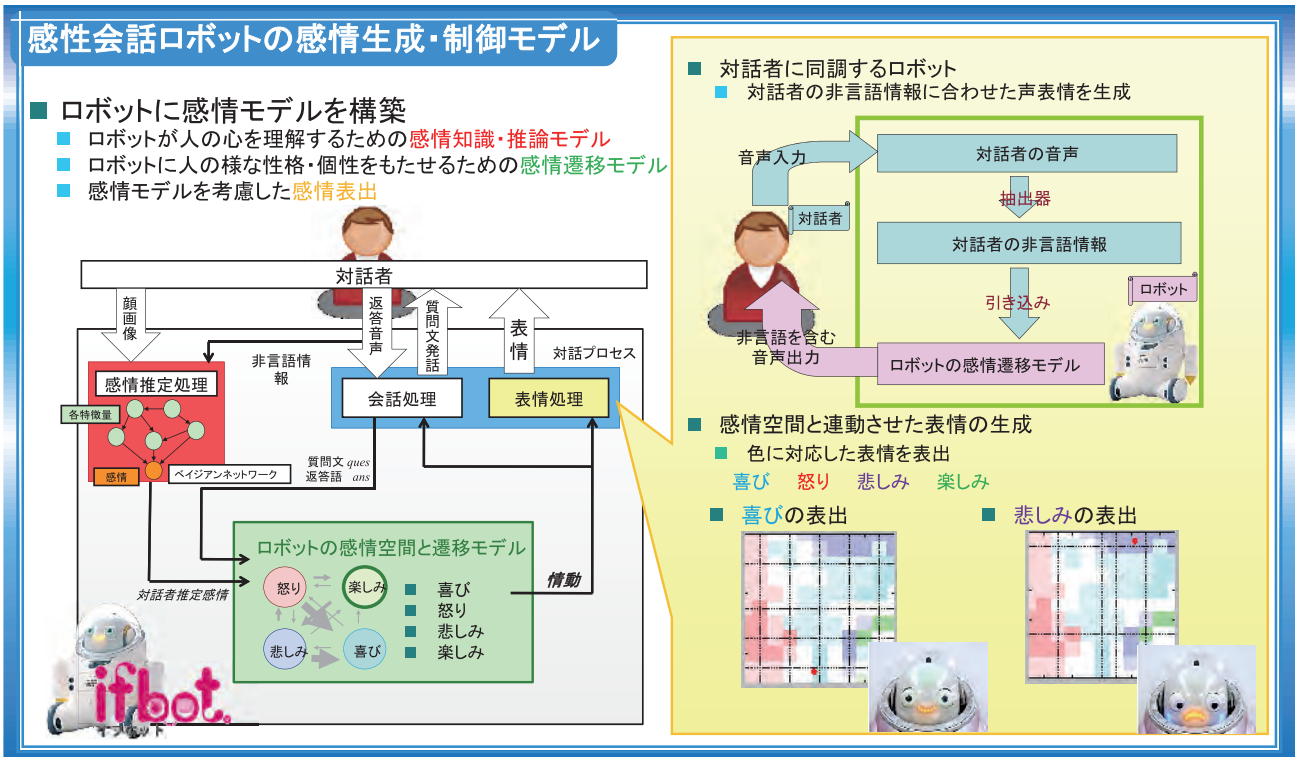


図11 感性会話型ロボットifbot を用いた感情認識・感情生成・感情表出の三位一体技術開発

ションから得られた情報をもとにこの極座標ベクトルを変化させることで、感情が遷移する仕組みである。これまでに、対話者への好感度に基づいて感情を生成するモデル [18] や情動の蓄積すなわち気分概念を導入することで感情遷移に個性を与えてシグナチャーを試みたモデル [19] を実現している。最近では、これに加えてSymondsの養育態度尺度 [20] を参考にユーザーとロボットのやりとりの蓄積から性格傾向を形成するモデル [21]、[22] の開発をすすめている。

**(3) 発話と表情が整合性に富んでいてかつ自然観を有する。**

ここでは、ロボットが表出する表情変化や音声表現を人間が持つ感性空間へマッピングするための理論と技術について検討している。すなわち、ロボットが表出・発話する顔表情・音声表現について、人間がそれを受けて感じ取る感性定量（感情の種類とその強さ）との対応付け [23] を行う。この対応付けを利用することにより、ロボット内部に搭載した感情パラメータの推移によってロボットの顔表情 [24] や音声発話 [25] を駆動させる。この結果、ロボットが認識した感情とそれに対する反応によって生じた自らの感情に応じて、適切かつ豊かな感情表現を行うことができるようになり、ロボットの感性豊かな動作制御が可能 [26] になっている。これらの機能に加えて、

同調モデルとしてロボット内部に精神リズムを導入し、ロボットと対話者との間で交互に発話が行われる会話形式において、対話者のパラ言語のゆらぎ（変動）に合わせてロボットのパラ言語の変動を同調させる会話制御手法 [27] を実現している。

これらの研究内容については参考文献等の別紙を参照されたい。

## 4. おわりに

近年の情報技術 (IT) とロボティクス (RT) の目覚ましい発展に伴い、エンターテインメントロボットやペットロボットなど、人間との同居や同伴を想定したロボットが開発・実用化されている。本稿では、著者がこれまで実践してきた、新しいロボットと人の関係を築くための次世代のロボット制御技術に関する2つの研究事例を取り上げて解説した。第一の事例では、身体動作によって直感的な操作が可能なヒューマノイドロボット操作手法として、AMGとKinectを用いたリアルタイムロボット操作手法を紹介し、リアルタイム動作生成と遠隔コミュニケーションの実験により提案システムの有用性を確認した。第二の事例では、著者らが参学共同開発した感性会話型ロボットifbotを紹介し、ifbot

を用いて多角的に展開してきた感性ロボティクスの感情認識・感情生成・感情表出の研究トピックを簡素に紹介した。

## 謝 辞

ifbotは株式会社ビジネスデザイン研究所の製品企画・総合プロデュースのもと、特に、形状デザイン、表情制御メカニズムはブラザー工業株式会社、ロボス株式会社、名古屋工業大学が共同開発した。関連各位に感謝致します。なお、本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金（課題番号17500143, 20700199）、栢森情報科学振興財団、立松財団、および、立石財団の助成により行われた。

## 参考文献

- [1] Takayuki Kanda, Takahiro Miyashita, Taku Osada, Yuji Haikawa, and Hiroshi Ishiguro. Analysis of humanoid appearances in human-robot interaction. *IEEE Transactions on Robotics*, 24(3):725–735, 2005.
- [2] Daisuke Sakamoto, Takayuki Kanda, Tetsuo Ono, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita. Android as a telecommunication medium with a humanlike presence. *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pages 193–200, 2007.
- [3] Satona Motomura, Shohei Kato, and Hidenori Itoh. Generating associationbased motion through human-robot interaction. *Lecture Notes in Artificial Intelligence (The 12th International Conference on Principles of Practice in Multi-Agent Systems(PRIMA 2009))*, 5925:389–402, 2009.
- [4] Akinori Wakabayashi, Satona Motomura, and Shohei Kato. Associative motion generation for humanoid robot reflecting human body movement. *International journal of fuzzy logic and intelligent systems*, ISSN:1598-2645, 12(2):121–130, 2012.
- [5] M.A. Kramer. Nonlinear principal component analysis using autoassociative neural networks. *AIChE Journal*, 37:233–243, 1991.
- [6] M.I. Jordan. Attractor dynamics and parallelism in a connectionist sequential machine. *Proceedings of the Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society(Erlbaum,Hillsdale,NJ)*, pages 531–546, 1986.
- [7] 森田 友幸、平野 靖、梶田 将司、間瀬 健二。ヒューマノイドロボットを用いた遠隔コミュニケーションにおける興味伝達に関する検討（複合現実感、仮想都市、及び一般）。**電子情報通信学会技術研究報告**。MVE、**マルチメディア・仮想環境基礎**、106(234):25–30、2006。
- [8] Tomoji Toriyama, Katsuyoshi Sakoda, Isao Nishihara, and Shizuo Nakano. Construction of a remote class support system with humanoid robot. *Systems and Computers in Japan*, 38(6):21–33, 2007.
- [9] Vocaloid Promotion Video Project. *MikuMikuDance*. [http://www.geocities.jp/higuchuu4/index\\_e.htm](http://www.geocities.jp/higuchuu4/index_e.htm).
- [10] HONDA. ASIMO. <http://www.honda.co.jp/ASIMO/>.
- [11] Shohei Kato, Shingo Ohshiro, Hidenori Itoh, and Kenji Kimura. Development of a communication robot ifbot. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2004)*, pages 697–702, 2004.
- [12] Jangsik Cho, Shohei Kato, Masayoshi Kanoh, and Hidenori Itoh. Bayesian Method for Detecting Emotion from Voice for Kansei Robots. *JSKE journal of Kansei Engineering International*, 8(1):15–22, 2009.
- [13] 趙 章植、加藤 昇平、伊藤 英則。ベイジアンアプローチに基づく感情発話音声からの感情推定における日韓感性の比較。**日本感性工学会論文誌**、8(3):913–919、2009。
- [14] Jangsik Cho and Shohei Kato. Detecting emotion from voice using selective bayesian pairwise classifiers. In *IEEE Symposium on Computers & Informatics*, pages 90–95, 2011.
- [15] 宮越 喜浩、加藤 昇平。重み付き学習ベイジアンネットワークを用いた欠損値補完手法。**電気学会論文誌C**、132(2):299–305、2012。
- [16] Yoshihiro Miyakoshi and Shohei Kato. Facial emotion detection considering partial occlusion of face using bayesian network. In *IEEE Symposium on Computers & Informatics*, pages 96–101, 2011.



- [17] J. A. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39:1161–1178, 1980.
- [18] 竹内 将吾、酒井 あゆみ、加藤 昇平、伊藤英則。対話者好感度に基づく感性会話ロボットの感情生成モデル。*日本ロボット学会誌*、25(7):1125–1133、2007。
- [19] Chika Itoh, Shohei Kato, and Hidenori Itoh. A characterization of sensitivity communication robots based on mood transition. *Lecture Notes in Artificial Intelligence (PRICAI 2008: Trends in Artificial Intelligence)*, 5251:959–964, 2008.
- [20] Percival Mallon Symonds. The psychology of parent-child relationships. *The Century psychology series*; R. M. Elliott, editor, D. Appleton Century Company, Inc., 1939.
- [21] Hiroki Ogasawara and Shohei Kato. Character giving model of kansei robot based on the tendency of user's treatment for personalization. *Smart Innovation Systems and Technologies (Intelligent Interactive Multimedia: Systems and Services)*, 14:117–127, 2012.
- [22] 小笠原 宏樹、加藤 昇平。ユーザの行動選択傾向に応じた感性ロボットの性格付与。*日本感性工学会論文誌*、15(1)、2016。
- [23] 後藤 みの理、加納 政芳、加藤 昇平、国立勉、伊藤英則。感性ロボットのための感情領域を用いた表情生成。*人工知能学会論文誌*、21(1):55–62、2006。
- [24] 柴田 寛、加納 政芳、加藤 昇平、伊藤 英則。感性ロボット ifbot の感情空間を用いた感情遷移に伴う表情変化の主観的影響。*知能と情報 (日本知能情報フuzzy学会誌)*、21(5):630–639、2009。
- [25] 後藤 祐司、加納 政芳、加藤 昇平、伊藤 英則。ロボットの感情表現のための発話・表情表出プランについて。*感性工学研究論文集*、6(3):19–25、2006。
- [26] 松井 裕紀、加納 政芳、加藤 昇平、伊藤 英則。Simple Recurrent Networkを用いた感性ロボットのインタラクティブ表情表出。*日本ロボット学会誌*、28(3):360–368、2010。
- [27] Takanori Hayashi, Shohei Kato, and Hidenori Itoh. A Synchronous Model of Mental Rhythm Using Paralanguage for Communication Robots. *Lecture Notes in Artificial Intelligence (Principles of Practice in Multi-Agent System)*, 5925:376–388, 2009.

#### 【略 歴】

加藤 昇平(かとう しょうへい)

平成 5年 名古屋工業大学 工学部

電気情報工学科 卒業

平成10年 名古屋工業大学 工学研究科

電気情報工学専攻博士後期課程 修了  
博士(工学)

平成10年 豊田工業高等専門学校

電気電子システム工学科 助手

平成14年 名古屋工業大学

知能情報システム学科 講師

平成27年 名古屋工業大学 大学院工学研究科

情報工学専攻 教授 現在に至る

# 中間皮剥ぎ器の開発

## 1 はじめに

配電部門では、安全・品質・生産性で電工業界No.1を達成するため、様々な施策を展開している。その中でも「安全」は最も重要であり、充電部に接近・接触せず作業することで感電災害を防止する「間接活線工法」の開発・改良に取り組んできた。また、「品質」および「生産性」の更なる向上についても研究を進めており、特に、施工品質が安定し、作業の短時間化にもつながる「作業の機械化・電動化」を優先テーマとしてきた。

高圧電線中間部の電線被覆を剥ぐ作業(以下、中間皮剥ぎ作業という)については、従来から手動の中間皮剥ぎ器を用いて間接活線工法での作業は可能であったが、未だ機械化・電動化されておらず、作業時間も長かった。他方、他電気会社は機械化・電動化を既に達成しており、当社も早期に対応することが望まれていた。そこで、当該作業の中間皮剥ぎ器を機械化・電動化するために必要な開発を行うこととした。

## 2 現在の中間皮剥ぎ作業

高圧配電線に柱上変圧器の引下げコネクタを接続する場合(図1①)、または無停電工法の電源ケーブル(図1②)を接続する場合、中間皮剥ぎ作業によって電線被覆の剥ぎ取り(図1③)を行い、接続箇所を設ける。電線被覆の剥ぎ幅は、接続に使用するコネクタおよび絶縁処理カバーの寸法・構造上の理由から、40mmと定められている。

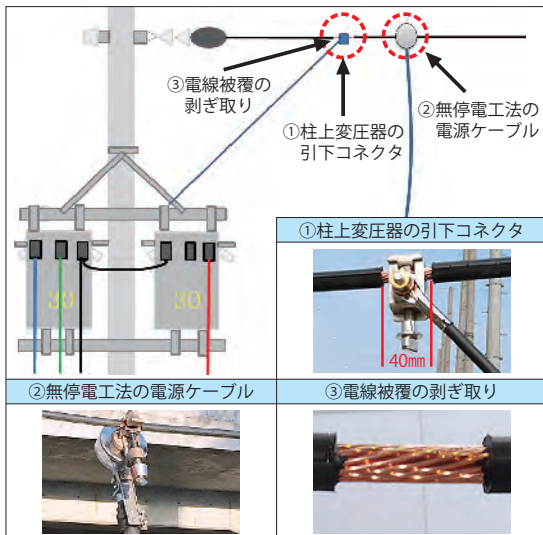


図1 40mmの中間皮剥ぎ箇所

これまでの間接活線工法における、中間皮剥ぎ作業は、手動の中間皮剥ぎ器を用いて人力で行っていた(図2)。絶縁性能を有した操作棒の先端部に取り付けた先端工具を用いて、電線に中間皮剥ぎ器を取付け、先端工具を交換し中間皮剥ぎ器を回転させて電線被覆を剥ぎ取る等、操作棒を使って複数の工程を行っており、直接活線工法(図3)と比較し、作業時間が長いことから作業の短時間が望まれていた(表1)。

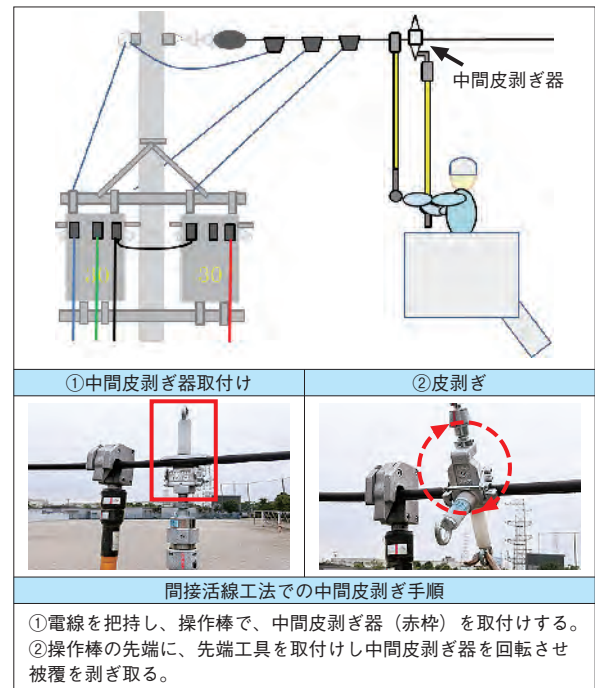


図2 間接活線工法

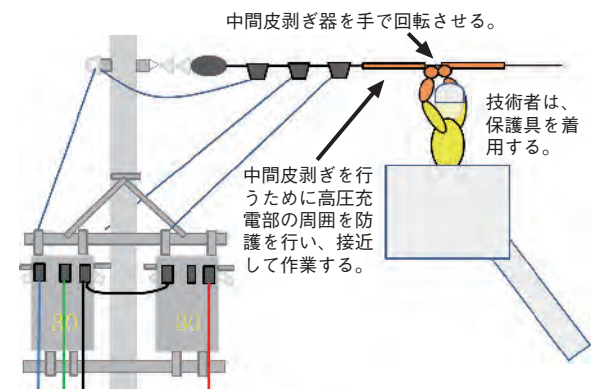


図3 直接活線工法

表1 一括皮剥ぎ作業時間の比較(1線あたり)

	【単位：秒】	間接活線工法	直接活線工法 <sup>※1</sup>
	銅	5mmOE	86
	60mm <sup>2</sup> OCW	63	35
	125mm <sup>2</sup> OCW	83	35

※1 使用前点検、保護具着用、防護取付を含む



配電統括部  
技術グループ  
／天野 佳幸



### 3 中間皮剥ぎ器の開発

#### 3.1 中間皮剥ぎの原理

中間皮剥ぎ器は、その刃を電線被覆に食込ませた状態のまま、刃を導体部の円周に沿って回転させ皮を剥ぐ。この際、刃と電線の位置を一定に保つことができないと、剥ぎ残しが多くなったり、最悪の場合、導体の損傷・切断のリスクがある。また40mm幅で正確に皮剥ぎするためには、40mm幅の刃を用いて一括して皮剥ぎすることが必要である(図4)。

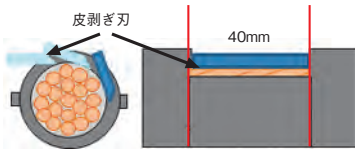


図4 皮剥ぎのメカニズム

#### 3.2 開発の進め方

他電工の中間皮剥ぎ器を調査した結果、機械化・電動化された中間皮剥ぎ器はあるものの、一括剥ぎでなくラセン剥ぎであった。

ラセン剥ぎで、皮剥ぎ幅を40mmにするには、皮剥ぎ器に、ガイドゲージ(皮剥ぎ幅を40mmにするもの)を取付け、その横を電線把持器で電線を把持し、ガイドゲージを取外してから皮剥ぎを行うため、作業工程が多く作業時間が約50秒だった。またラセン剥ぎで皮剥ぎを行った場合は、皮剥ぎの刃が食い込む最初の部分に剥ぎ残しが発生し、皮剥ぎの幅を40mm幅で剥ぐ事が出来なかった(表2)。そこで、開発期間と開発費用を最小化するため、機械化・電動化された中間皮剥ぎ器を基に、作業時間の短縮と40mm幅の皮剥ぎを一括でできる先端工具の開発に取り組むこととした。

表2 ラセン剥ぎの検証結果

ラセン剥ぎ	
電線把持器の取付け	ガイドゲージの取外し
皮剥ぎ	皮剥ぎ結果
	皮剥ぎ器の刃が食い込む所で剥ぎ残しが発生する。

#### 3.3 現行皮剥ぎ器の改良

試作品1は、現行同様に皮剥ぎ器を操作棒で締め付けし、刃を電線に食い込ませ、皮剥ぎ器を電動で回転させる先端工具を開発した。その結果、締め付けに時間がかかり、先端工具から皮剥ぎ器に動力が上手く伝わらず、全体的に剥ぎ残しが発生した(表3)。

表3 試作1の検証結果

試作1	
皮剥ぎ器・先端工具	皮剥ぎの状況
	全体に、剥ぎ残しが発生している。
断面図	<p>皮剥ぎ器を、操作棒で締め付け刃を電線に食い込ませる。 皮剥ぎ器を別に取付けした電動の先端工具で、皮剥ぎ器を回転させ剥ぎ取りを行う。</p>

#### 3.4 皮剥ぎ器と先端工具の一体化

試作品2は、試作品1の作業工程を削減するために、皮剥ぎ器と先端工具を一体化した。また、回転と同時に皮剥ぎ部が電線を上下から挟み込み、刃を電線に食い込ませるように改良した。その結果、試作品1と比較し作業時間は、短くなった。しかし試作品2は、皮剥ぎ本体から離れた部分に力が加わらず、被覆が上手く剥げなかった(表4)。



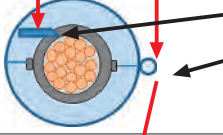

表4 試作2の検証結果

試作2	
皮剥ぎ器本体	皮剥ぎ結果
	剥ぎ残しがある。 本体から離れた箇所が上手く剥けていない。
断面図	<p>皮剥ぎを行う端部まで、力が均等に加わらなかった。</p>

#### 3.5 皮剥ぎ刃の固定

試作品3は、試作品2の皮剥ぎ部全体に力が加わるように、皮剥ぎ端部をヒンジ構造に改良した。その結果、試作品2と比較し、皮剥ぎ部全体に力が加わった事で、被覆がきれいに剥けた(表5)。


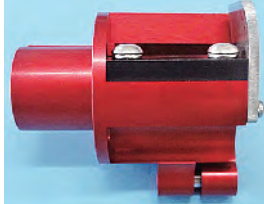
表5 試作3の検証結果

試作3	
皮剥ぎ器本体	皮剥ぎの状況
	<p>剥ぎ残しがほとんど無い。</p>  <p>両端がきれいに剥けている。</p>
<p>断面図</p>  <p>皮剥ぎ刃 皮剥ぎ部全体に、均等に力が加わる構造とした。</p>	
<p>ヒンジ機能</p>  <p>皮剥ぎ部先端の開きを抑えるヒンジ機能を設けた。</p>	

### 3.6 開発品の概要

開発した中間皮剥ぎ器と当社の間接活線操作棒・電動工具との組み合わせにより、一線あたり皮剥ぎ作業時間が、直接活線工法の35秒に対し9秒となり、大きな作業効率の向上が期待できる。これらの事から、平成28年3月に中間皮剥ぎ器（表6）を全社配備した。

表6 中間皮剥ぎ器

開発品	中間皮剥ぎ器
 <p>中間皮剥ぎ器 電線コマ 二軸操作棒 充電式回転工具</p>	 <p>電線コマ</p> 

## 4 中間皮剥ぎ器の不具合事象と対策

全社配備後、5月に事業所にて不具合が発生したため、原因解明するとともに、対策を検討した。

### 4.1 不具合の発生概要

配備した中間皮剥ぎ器を使用し、高圧線（60mm<sup>2</sup> OCW）を中間皮剥ぎした際、刃が素線に引っ掛かり電線素線を断線する事象が発生した（表7）。

表7 素線断線の発生状況

素線断線の発生状況（横）	中間皮剥ぎ器の刃が損傷
	

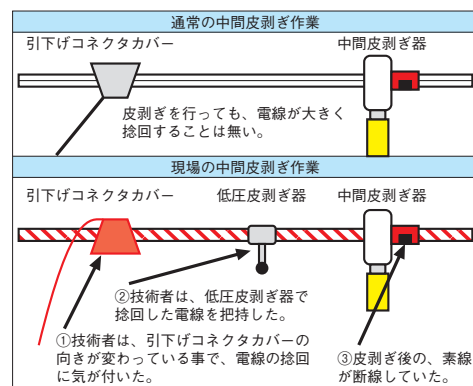
### 4.2 現場調査

不具合事象の原因を解明するため、発生時の状況を調査した（表8）。その結果、電線を捻回させた状態で、皮剥ぎをする事で、同様の事象が発生する可能性があると考えて再現試験することとした。

表8 発生状況調査表

分類	状況	考察
工具（中間皮剥ぎ器）	・当該技術者は配備後、10回程度使用している。	・初期不良と劣化は、考えにくい。
電線（60mm <sup>2</sup> OCW）	・被覆が剥げなかったため、電線が捻回した。	・撚り電線でコンパウンドが多い電線は、被覆が剥ぎにくい。
工法	・剥ぎ取りができなかったため、数回捻回した状態で電線を固定して、皮剥ぎを行った（表9）。	・捻回した状態で、皮剥ぎをする事が、素線断線に影響する可能性がある（これまで捻回させて皮剥ぎする事は、無かった）。

表9 中間皮剥ぎ作業



### 4.3 不具合事象の再現検証

治具を用いて電線を捻回（2回転）させ、その状態を把持したまま中間皮剥ぎを使用した結果、同様の事象が再現した。また、電線を捻回させた両側を皮剥ぎした結果、導体の「しまり」、「わらい」が発生していた（図5）。この結果から、当該事象のメカニズムは図6のとおりと考えられる（表10）。



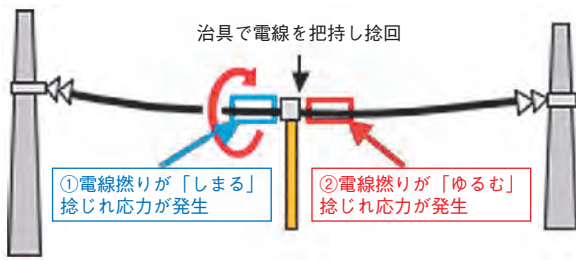


図5 再現検証

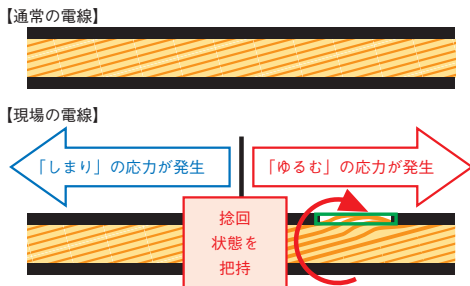
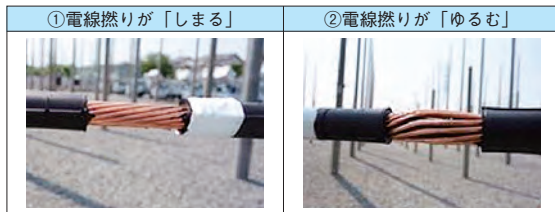


図6 素線断線のメカニズム

表10 再現箇所



捻回した電線のゆるみ側で、中間皮剥ぎを行ったため、中間皮剥ぎ器の刃が引っ掛ったまま回転する事で、素線の断線と刃の損傷が発生する事が検証できた(写真1)。



写真1 60mm²OCW素線断線(再現)

## 5 再発防止対策

高圧3線種に対し再現検証した結果、5mmOEは単線のため、素線断線が発生しない。

125mm²OCWは、素線が太く、ゆるみが発生しにくいいため、素線断線が発生しない。

今回の素線断線は、60mm²OCWの一括剥ぎに限り、発生する可能性がある。そこで60mm²OCWに限定し、電線の捻回を防止する電線把持を行う事を対策とした(表11・写真2)。

表11 電線を把持する適用線種

適用線種	電線把持器の要否
5mmOE	電線把持不要
60mm²OCW	電線把持必要
125mm²OCW	電線把持不要



写真2 電線把持方法

## 6 開発の効果

中間皮剥ぎ作業は、年間148万回以上行う見込みがあり、1線あたりの中間皮剥ぎ作業時間を約64秒削減可能(表12)となったため、年間116百万円(表13)のコストダウンにつながる。

表12 一括皮剥ぎ削減時間の加重平均(1線あたり)

【単位：秒】	施設率 a	間接活線工法			加重平均 e=a*d
		現行品 b	開発品 c	削減時間 d=c-b	
5mmOE	37.9%	86	9	▲77	▲29
銅 60mm²OCW	43.5%	63	15 <sup>※3</sup>	▲48	▲21
125mm²OCW	18.6%	83	9	▲74	▲14
計					▲64

※3 電線把持を含む  
削減時間：148万回×64秒÷3,600秒≒2.6万時間

効果：2.6万時間×4,477円<sup>※4</sup>≒116百万円

※4 1時間当たりの技能職振替単価

表13 費用対効果

単位：百万円	費用・効果			
	H27	H28	H29	H30
購入費用(繰越)	▲154	▲154	▲38	0
作業時間の削減効果	0	116	116	116
費用対効果	▲154	▲38	78	116

## 7 おわりに

今回の中間皮剥ぎ器の開発は、間接活線工法で40mmの一括皮剥ぎを、機械化・電動化する事で、大幅に作業時間を削減する事ができた。

しかしながら、開発した工具で、被覆の剥ぎにくい電線に対し、素線断線が発生させてしまった。

その後、開発メーカーと事象発生営業所などの協力により、素線断線の現場検証から防止対策までを短い期間で完了し、配備した工具の使用を再開する事ができた。

これからも良質な電気を、お客さまに届けるアンカー(配電線工事技術者)として、安全に高品質な設備を、効率よく作業できる技術開発に取り組んでいく。

# 墜落防止タラップ用支持柱の開発

## 1 はじめに

当社は、通信事業者から携帯電話の無線基地局の建設工事を受注している。都市部の無線基地局は主にビルやマンションの屋上に配置し、携帯電話を利用できるエリアをカバーしている。

そのような建物屋上に設置される無線基地局の作業現場への出入りは、階段がない場合は屋上マンホールなどはしご道（以下、タラップという）を昇降して行なう事となる。また昇降の頻度も高いことも作業の特徴となっている。

タラップの昇降の際には墜落防止対策として、

- ① 2丁掛けフックの胴ベルト型安全帯やハーネス型安全帯を使用し、タラップにフックを掛け替えながら昇降する。
  - ② 安全ブロックを設置して昇降する（図1）。
  - ③ 垂直用親綱と昇降用安全ロリップを設置する。
  - ④ 足場を設置し昇降する。
- などと手・足の3点支持を確実に実施し、安全な昇降作業に努めている。



図1 タラップ付建物の昇降状況

## 2 問題点の整理

これらの墜落防止対策にはいくつかの問題点があった。

- ① 2丁掛けフックを掛け替えながらの昇降時、片手状態となり手間が掛かる上、不安全な姿勢となることがある。
- ② 作業員がタラップを降りる時、安全ブロックが作業員の腰の位置より低い位置となり、墜落時の衝撃が大きい。（写真1）。
- ③ 屋上に安全ブロックを取り付けるワイヤースリ

ング等の親綱を固定する強固な施設の確保が一樣でない。

- ④ 短工期の現場の場合、足場組立てと通路設置のコストや現場条件が整わない。



写真1 従来の安全ブロック設置例

## 3 タラップ用支持柱の要件

今回のタラップ用支持柱の考案のために決めた、基本的な留意点は以下のとおり。

- ① 安全ブロックは、作業員の腰の位置より高く設置できること（図2）。
- ② 昇降タラップを利用した仮設の設備であること。
- ③ 専用工具などを使用せず、容易に設置できること。
- ④ 屋上マンホールのハッチを閉める時は、安全に支持柱を分割して取り外しができること。
- ⑤ 分割した支持柱は容易にものを結束収納し、短くして運搬ができること。
- ⑥ 安全ブロックの構造指針に適合すること。

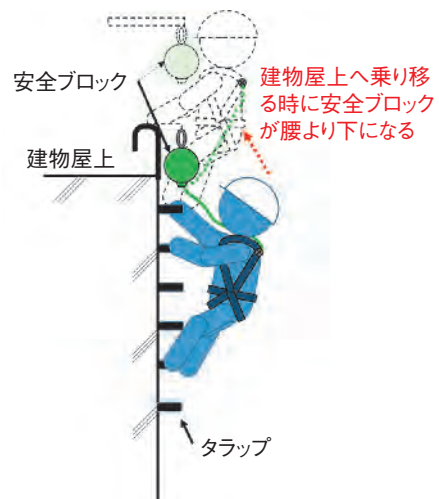


図2 理想な安全ブロックの位置

中部本部 情報通信部  
 事務・技術グループ  
 /野寺 泰司



## 4 試作と改良点

### 4.1 試作品1号

前述の留意点を考慮しながら、最初の試作品として、上部材の長さ約700mm、下部材の長さ約800mmでタラップ3段を使用して固定するものを考案した。(図3) 2段のみを固定した場合で墜落阻止性能試験を行った結果、落下距離は、規格値の2m以下を満足するものであった。(試験結果は表1のとおり) 尚、墜落阻止性能試験とは、厚生労働省告示第38号「安全帯の規格」に基づく産業安全研究所技術指針「安全帯構造指針」に規定する試験方法をいう。

試験の結果から、更なる改良につなげるべく次の改善点があがった。

- ①安全ブロックの位置がタラップを上がりきった時に腰の位置より高くなるよう上部材を約250mm長くする。
- ②試験結果より下部材の固定部は3段から2段へ変更する。
- ③下部材の長ナットの締め付け用取手をもう少し短くする。
- ④上部材を90度向き変えても下部材と接続できるようにする。
- ⑤運搬用の取手は建物の構造によっては取り付けの障害になり得るため、鋼製ではなく簡易なベルトタイプへ変更する。
- ⑥床面に置いた際に、屋上防水などが傷つかないように鋼材の端末に保護材を取りつける。

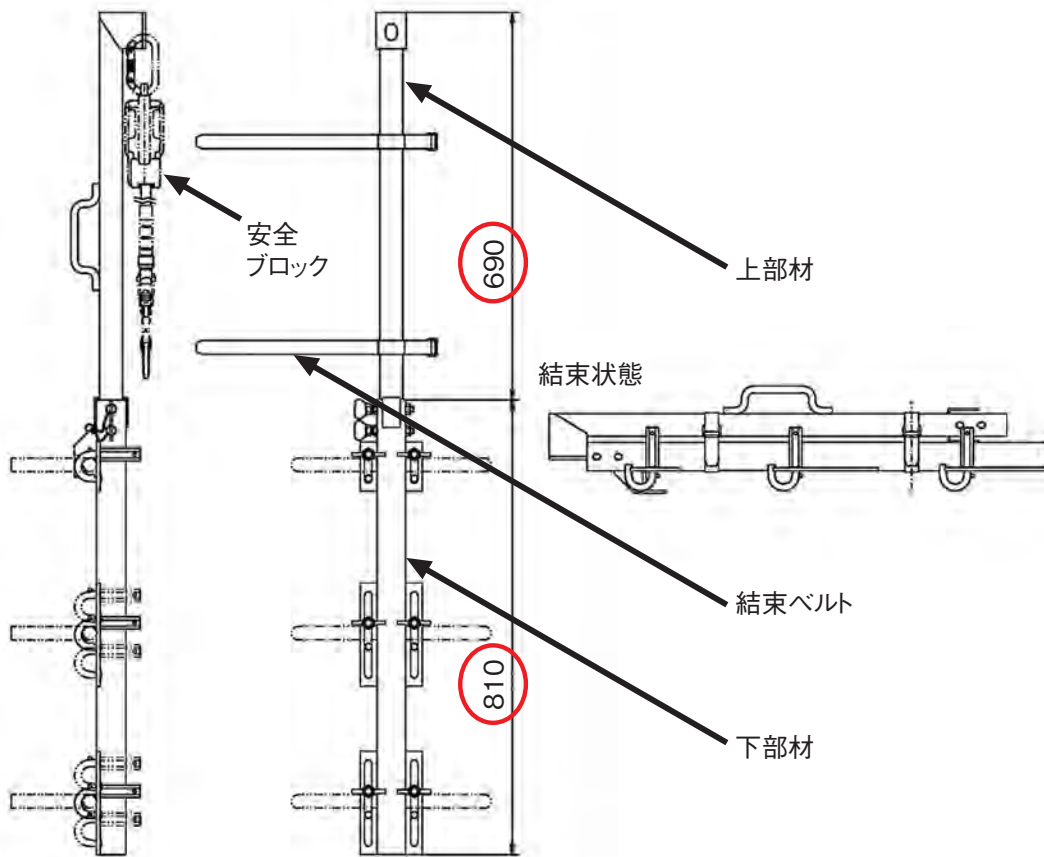


図3 タラップ用支持柱 (最初の試作品)

表1 墜落阻止性能試験結果 (最初の試作品)

落下開始位置 (使用錘：85kg)	落下距離 (規格値：2m以下)	傾き
安全ブロック最下端	1.42m	なし



#### 4.2 試作品2号

1号の改良点を盛り込んだ2つ目の試作品2号は図4のとおりである。上部材の長さ約950mm、下部材の長さ約500mmでタラップ2段を使用し固定する形状とした。前回同様、墜落阻止性能試験を行った。(表2:試験①) 上部材を延長し下部材を2段固定としたため、作業者の胴ベルト型安全帯の腰ベルトやハーネス型安全帯の肩ベルトの位置がタラップを上がりきった条件である、支持柱天端より100mm上方からの落下試験も行った。(表2:試験②) その試験結果を表2に示す。前回同様、規格で定められている落下距離2m以下を満足する結果となった。

今回支持柱の上部を延長したことにより固定部の負荷が大きくなったことから、試験後の支持柱全体に横滑りによる若干の傾きが見られたが、強度面では問題ない範囲と確認できた。

今回の試験結果から、構造に関しては十分な強度が確認できたため、製造コストの改善を進める。コスト面での改良点は以下のとおりとなった。

- ①鋼材の肉厚、溶接箇所をできる限り削減して軽量化を図る。
- ②運搬用の取手ベルト、結束ベルトを簡素化する。
- ③接続部ボルトの穴位置を90度側に追加し、どの方向からでも挿入できる構造にする。

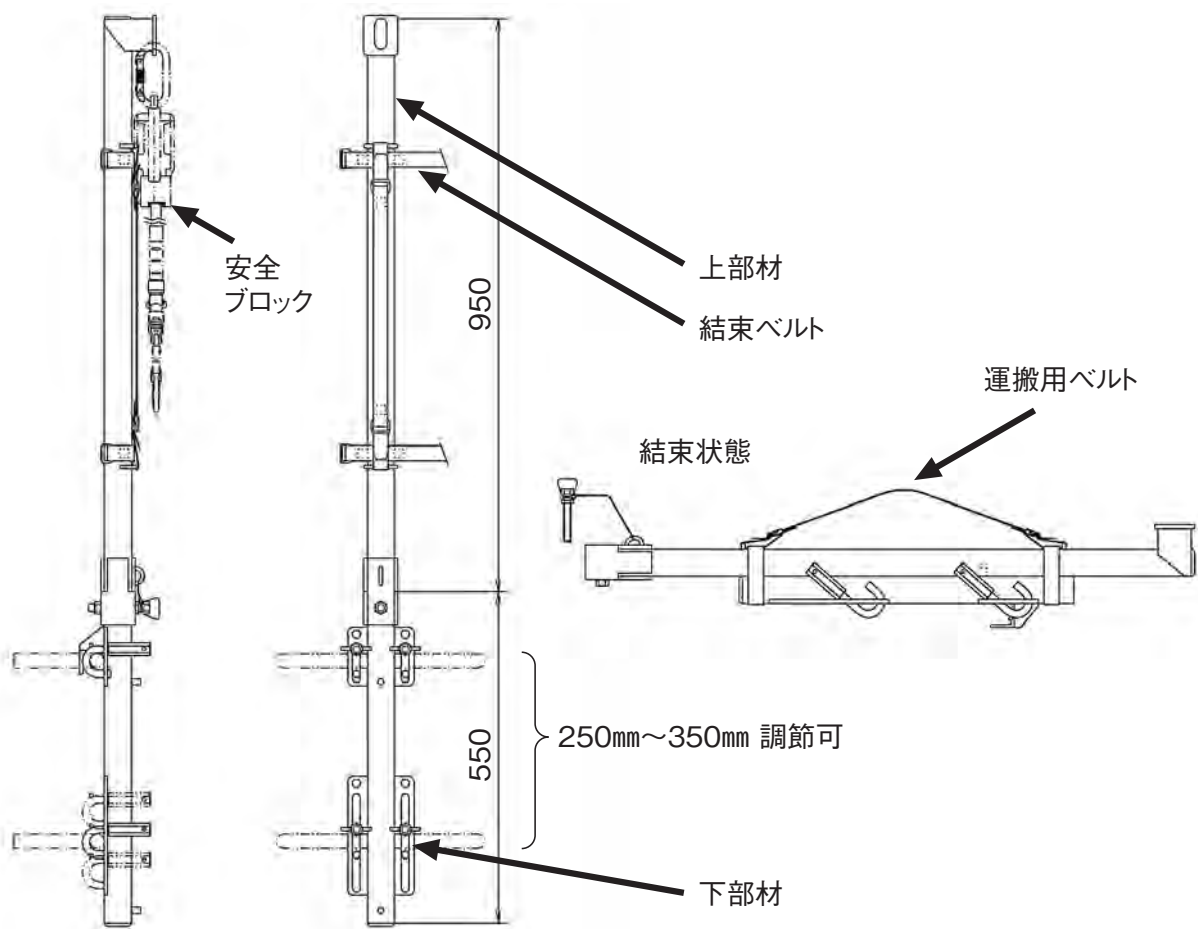


図4 タラップ用支持柱 (2回目の試作品)

表2 墜落阻止性能試験結果（タラップ支持柱2号機）

	落下開始位置 (使用錘：85kg)	落下距離 (規格値：2m以下)	傾き
試験①	安全ブロック最下端	1.32m	横方向：6.4度 縦方向：15mm
試験②	支持柱天端+100mm	1.35m	横方向：11.2度 縦方向：27mm

## 5 改良後のタラップ用支持柱の構成

改良後の本製品の取付けイメージおよび結束状態イメージを図5に示す。

## 6 まとめ

開発したタラップ用支持柱を用いることにより、次の効果が得られた。

- ①タラップ昇降時の安全ブロックが、タラップを上がりきった時に作業員の腰より高い適正な位置に設置できる。
- ②分割式のため上部材を取り外すことで、ハッチを閉じることができる（屋上作業中に開口部としない）。
- ③屋上で、親綱を固定できる強固な箇所の確保を必要としない。
- ④最上段のタラップから屋上へ移る際の支え（手すり）として使用できる。

以上のように、当該現場全てで統一された方法で、誰でも容易に支持柱を取り付けることが可能となった。導入により今後は、多くの作業現場で墜落リスクの低減と作業効率の向上が期待できる。

引き続き、本製品の取扱いマニュアルの策定および全社の工事部門に水平展開をし、タラップからの墜落災害撲滅に向けて取り組む。

最後に、本タラップ用支持柱の開発にあたり、ご協力をいただいた名伸電機株式会社殿、サンコー株式会社殿に感謝申し上げます。

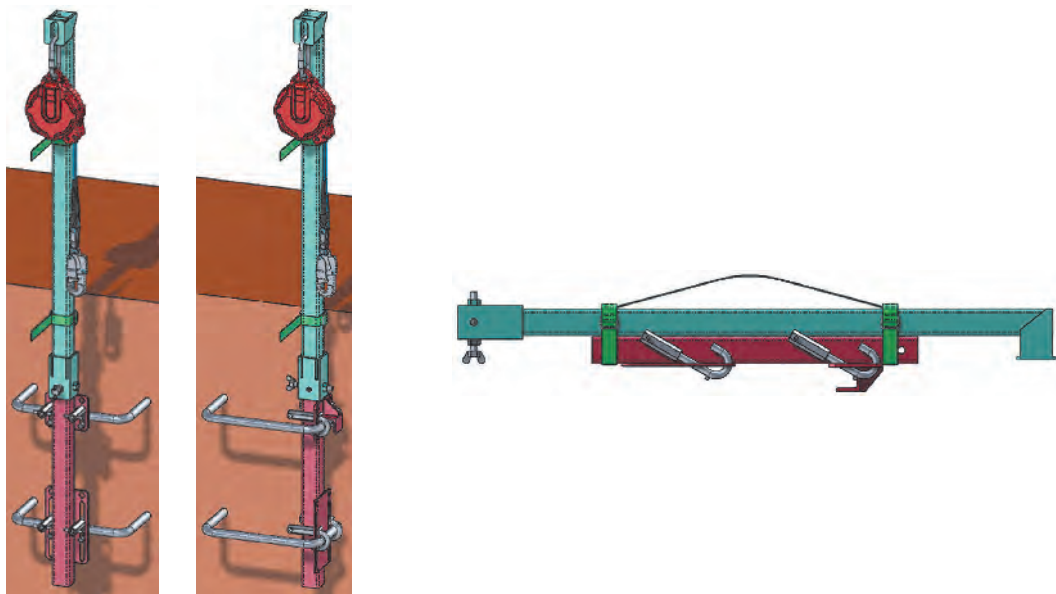


図5 取付けイメージと結束状態イメージ

# コージェネレーションシステム運転時の受電点力率低下の事例

## 1 はじめに

本事例の現場は、都心の中規模複合オフィスビルであり、コージェネレーションシステム（以下、CGSと記す）により各オフィスに電力及び熱を供給している。CGSは逆流無しで高圧系統に系統連系されている。また、熱はCGS及び別置のGHPにより供給されている。

竣工後、CGS運転時において、受電点で0.6程度までの力率低下が発生した。そのため、電力料金の力率割引が適用されない等の理由により、CGSを停止せざるを得なくなった。

本稿では、受電点力率低下に至った原因調査・検討及び対策について報告する。

## 2 建物および設備概要

施 主 : 某食品会社  
所 在 地 : 東京都  
受 電 電 圧 : 高圧 6,600 [V]  
受 電 方 式 : 1回線受電 (図1参照)  
最大需要電力 : 996 [kW] (実測値)  
原 動 機 : ガスタービン  
C G S 容 量 : 370 [kW] × 2台  
延 床 面 積 : 28,000 [m<sup>2</sup>]  
竣 工 年 月 : 平成26年4月

## 3 受変電設備及びCGSの制御

### 3.1 各機器の制御方法

自動力率調整装置（以下、APFCと記す）とマルチメーター（以下、MMと記す）が屋内キュービクルの受電盤に取り付けられている。

#### (1) APFC

APFCは、力率制御と軽負荷遮断制御の機能を有する。前者の力率制御機能は、受電点力率が0.98（遅れ）以上、1.0未満になるように6%L付進相コンデンサ（以下、SCと記す）の台数（50kvar×4台）を制御する。また、後者の軽負荷遮断制御機能は、受電点有効電力が200 [kW]未滿になったとき、SCを一齐にOFFして、受電点力率の進みすぎを防止する。なお、力率制御と軽負荷遮断制御による投入・遮断信号は、共に該当状態を検知してから5分後に出力される。遅延時間内に条件が満たされなくなった場合、投入・遮断信号はリセットされる。

#### (2) MM

MMは、受電点の総合電圧歪率及び総合電流歪率を演算し、それらが設定値以上になったとき、(SCを高調波から保護するために)一齐にOFFする。

#### (3) CGS

CGS出力は、買電を常に200 [kW] 以上確保し、且つ、CGS出力端力率を0.98（遅れ）一定とするように制御される。

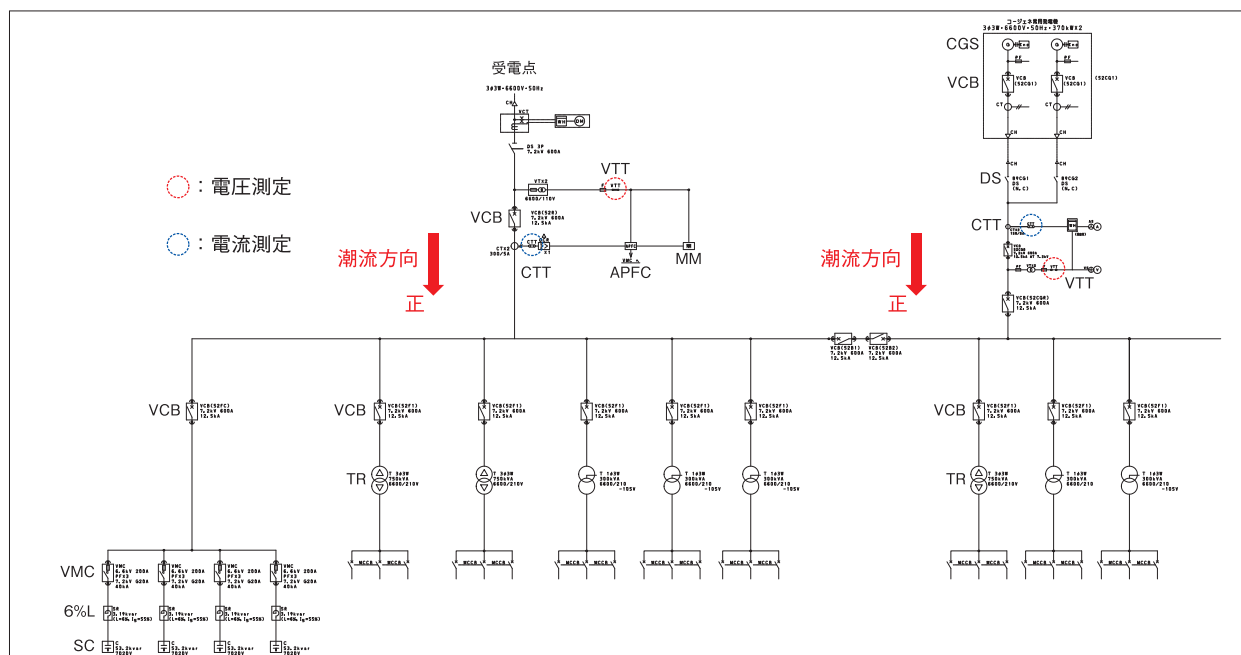


図1 単線結線図



### 3.2 設定値

MM、APFC、及び、CGSの設定値を表1に示す。

表1 設定値一覧

機器名称	設定項目	設定値
APFC (受電点)	制御方式	サイクリック制御
	目標力率	受電点力率 0.98 (遅れ) 以上、 1.0未満
	軽負荷遮断	受電点有効電力 200 [kW] 未満
	遅延時間	5 [min]
MM (受電点)	総合電圧歪率	5.0 [%] 以上
	総合電流歪率	55 [%] 以上
	遅延時間	5 [min]
CGS	目標出力	受電点有効電力 200 [kW] 以上、 力率0.98 (遅れ)

## 4 トラブルの内容

CGS始動後、数分後に突然受電点力率が低下した。それからしばらく時間が経過しても受電点力率は全く改善されなかった。しかし、CGS停止後は受電点力率が改善された。

## 5 原因の推定

3.1項の制御内容からみて、受電点力率の低下は、下記の1つ若しくは複合によると推定した。

- (1) APFCの軽負荷遮断制御 (有効電力 200 [kW] 未満) によるSCの一齐OFF
- (2) MMの総合電圧歪率 5.0 [%] 以上によるSCの一齐OFF
- (3) MMの総合電流歪率 55 [%] 以上によるSCの一齐OFF

これらの推定を確かめるため、次項の測定を実施した。

## 6 測定方法

### 6.1 測定概要

CGS運転状態で受電点及びCGS出力端の有効・無効電力、力率、総合電圧歪率、総合電流歪率、

高調波電流、基本波電流の時系列測定を実施した。なお、潮流方向は電源から負荷へ向かう方向を正とした。(図1参照)

### 6.2 使用測定器

日置電機(株)製 電源品質アナライザ3196  
(受電点1台、CGS出力端1台、計2台)

## 7 測定結果

### 7.1 有効電力の時系列グラフ(図2)

CGS始動後、CGS出力端有効電力の増加に伴い、受電点有効電力は減少した。受電点有効電力の最大値は、200 [kW] を上回っていたが、最小値は200 [kW] 近傍で変動していた。

### 7.2 無効電力の時系列グラフ(図3)

CGS始動後、SC3台が一齐にOFFになったため、受電点無効電力(遅れ)は増大した。CGS停止直後、受電点無効電力(遅れ)がSCのONに伴い減少した。

### 7.3 力率の時系列グラフ(図4)

CGS始動後、CGS出力端力率は、ほとんど変化せず、設定通り約0.98であった。一方、受電点では、CGS始動から約5分後にSCが1台投入された後、SCが一齐にOFFされ、受電点力率が低下し、SCはCGS停止まで1台も投入されず、受電点力率は目標力率に改善されなかった。

### 7.4 総合電圧歪率の時系列グラフ(図5)

CGS始動前後、総合電圧歪率に大きな変動は見受けられなかった。

### 7.5 総合電流歪率の時系列グラフ(図6)

SC1台投入後、受電点 総合電流歪率が大きく増加したため、MMによりSCが一齐開放され、同時に総合電流歪率は減少した。

### 7.6 高調波電流の時系列グラフ(図7)

CGS始動後、受電点の高調波電流に大きな変動は見受けられなかった。

### 7.7 基本波電流の時系列グラフ(図8)

CGS始動後、受電点の基本波電流が減少した。



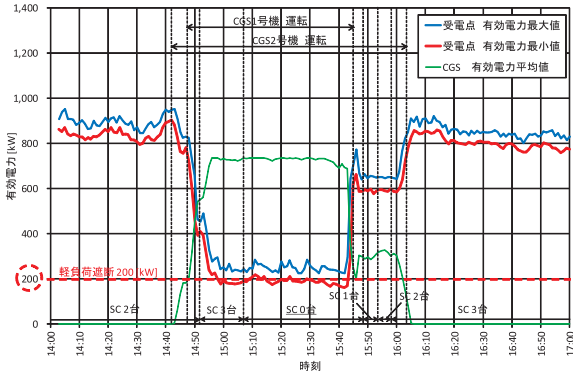


図2 有効電力の時系列グラフ

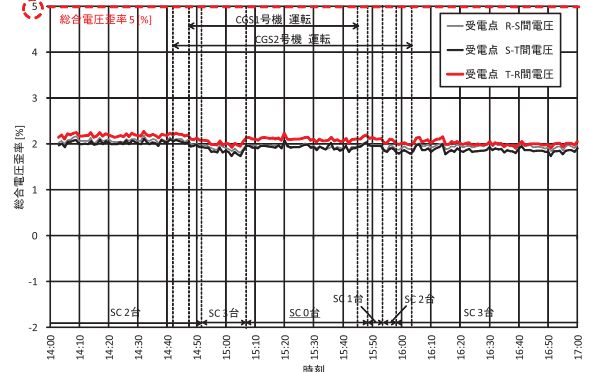


図5 総合電圧歪率の時系列グラフ

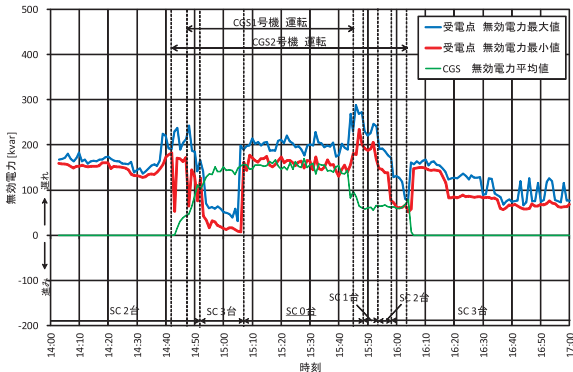


図3 無効電力の時系列グラフ

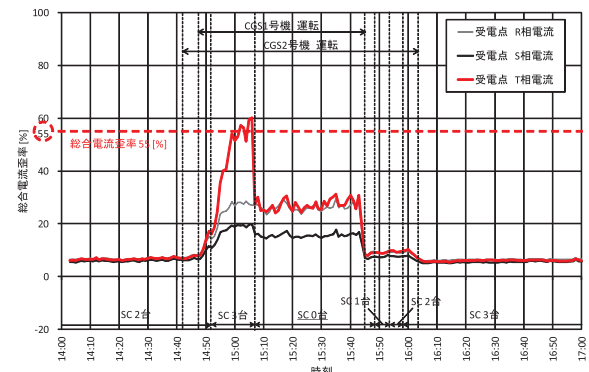


図6 総合電流歪率の時系列グラフ

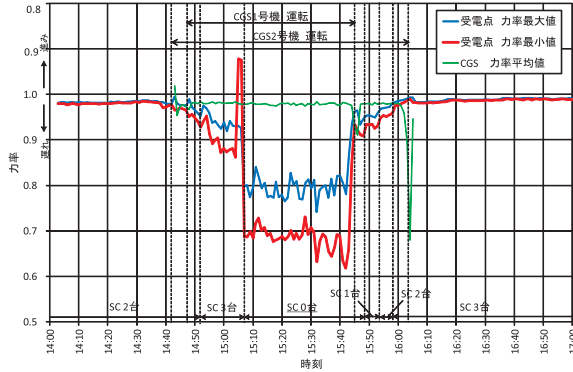


図4 力率の時系列グラフ

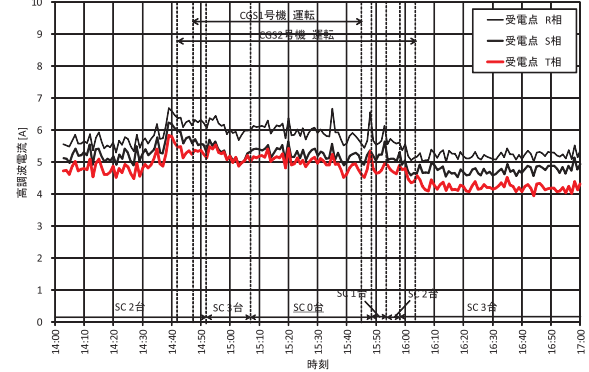


図7 高調波電流の時系列グラフ



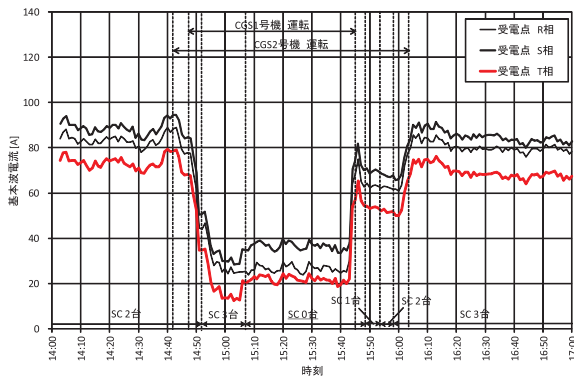


図8 基本波電流の時系列グラフ

## 8 考察

### 8.1 SCの一斉OFF

受電点の基本波電流は、CGS始動に伴って減少した（図8参照）。一方、高調波電流はCGS始動前後では大きな変化は見られなかった（図7参照）。この理由は、CGSの発電機%インピーダンスが送配電事業者の電力系統%インピーダンスより大きいと考える。そのため、式（1）で定義される受電点の総合電流歪率は増加した（図6参照）。その結果、総合電流歪率がMMの設定値（総合電流歪率55 [%]）を超過し、SCが一斉にOFFされたため、受電点力率が低下したものと推定される（図4参照）。

$$\begin{aligned} \text{総合電流歪率} &= \frac{\text{高調波電流}}{\text{基本波電流}} \times 100[\%] \\ &= \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100[\%] \end{aligned} \quad \dots \text{式 (1)}$$

### 8.2 APFCの力率制御と軽負荷遮断の繰り返し

受電点及びCGSの電力ベクトル図を図9に示す。CGSは買電が200 [kW] 以上になるように制御し、力率0.98（遅れ）一定で発電する。全体負荷からCGS発電分を差し引いた電力が受電点より供給される。そのため、全体負荷が変動すると受電点の有効電力が変動する。

受電点有効電力の時系列グラフの縦軸拡大図を図10に示す。この時間帯においては、受電点有効電力がAPFCの軽負荷遮断設定値(200 [kW])の近傍で短時間に変動したため、APFCの5分間遅延信号との関係から自動力率調整機能が働かず、受電点力率が低下したものと推定される。

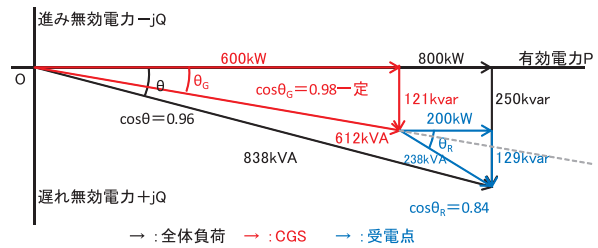


図9 電力のベクトル図

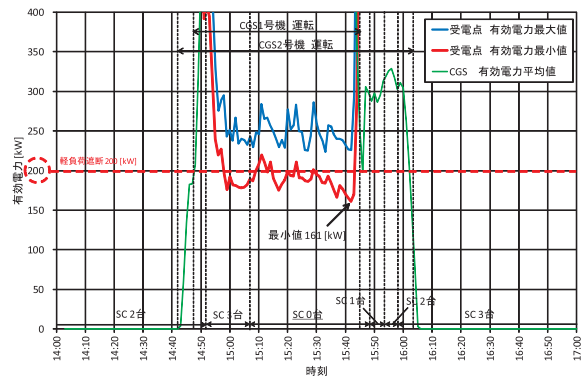


図10 図2の拡大図（有効電力の時系列）

### 8.3 対策方法

#### (1) SCの一斉OFF

SCは高調波の影響を受けやすい。MMのSC一括OFF制御は、SCを高調波電圧や高調波電流から保護する目的である。SCに流れ込む総合電流歪率を検出対象にするため、SCフィーダーにCT及びMMを増設し、総合電流歪率が55 [%] を超過した場合にVMCを解放させることが望ましい。

#### (2) APFCの力率制御と軽負荷遮断の繰り返し

軽負荷遮断の設定値を受電点有効電力の実測最小値（実測値：161 [kW]）に変更する。ただし、負荷変動により、受電点有効電力の最小値が変動する可能性があるため、定期的なチェックが必要である。

## 9 おわりに

トラブル発生当初は、受電点力率低下の原因を全く推定できなかった。測定の結果、CGS運転による受電点有効電力の減少とAPFCの軽負荷遮断の関係と問題点、また、SCの高調波対策を目的とした総合電流歪率の測定箇所の問題を明らかに出来た。今までこのような経験がなく、この所見を社内で有効に活用したい。

# コージェネレーションシステムの運用最適化ソフトの開発

## 1 はじめに

コージェネレーションシステム（以下、コージェネ）は、発電時に発生する排熱を給湯や空調に利用し、エネルギー利用効率を格段に高めるシステムである。わが国では電源の多様化や、省エネルギー・省コスト等を目的として普及が進み、特に震災以降はBCP<sup>\*1</sup>の非常用電源としても再び注目を集めている。一方で、コージェネは熱源システムが複雑となる場合が多く、適切な制御が困難であるという一面を持つ。実際に多くのコージェネは、エネルギー価格の変動や排熱利用状況を考慮した最適な運用にはなっていない状況にある。

そこで技術研究開発部では、顧客への運用改善コンサルタントや、改修工事等の受注増加による利益拡大を目的として、コージェネの運用最適化ソフトを開発した。最適な運用条件を求めるために「遺伝的アルゴリズム（genetic algorithm：以下、GA）」と呼ばれる数理解析手法を採用し、実物件における実証試験からこの手法の実用性を示した。本稿ではこれらの概要を紹介する。

\*1 BCP(事業継続計画)：緊急時における事業継続に備えた対策。

## 2 コージェネ運用の最適化

### 2.1 最適化問題

コージェネは前述の通り、省エネルギーやコストの削減に有効である。ただし、これらのメリットを最大限に活かすためには、無駄のない排熱利用や、電気とガスのベストミックスを実現させる必要があり、状況に応じて発電機を適切に制御しなくてはならない。しかし現状は管理者の経験に頼る運用がほとんどであり、さらに導入時の設定のまま動作している物件も少なくない。様々な状況を考慮した運用の最適化は、コージェネの課題となっている。

このような課題に対し、最適化手法の適用を試みた。コージェネの運用を最適化することは、発電機の運転を最適化することに等しく、発電機の制御に関わる複数の設定値をどのような値にするかが重要となる。そこで「発電制御の設定値の組合せ」を入力、コストや消費エネルギー量といった「コージェネの運用結果」を出力として、コージェネの運用モデルを数式で表現した。本稿で述べる最適化問題とは、この運用モデルに対し、最も省コストや省エネになる理想の出力値となる場合の入力値を求めることである。

### 2.2 最適化手法

コージェネ運用に関する最適化問題を解くための最適化手法として、まず汎用表計算ソフトであるExcelに標準で備わる回帰分析やソルバー機能を利用した手法の適用性を検討した。しかし計算処理に手間がかかり、多大な時間を要するという課題に直面した。そこでさらに検討を進め、GAに着目した。GAは最適化問題に対する近似解法の一つであり、特にコージェネ運用のような、値の組合せで表現される最適化問題を効率良く解くことで知られる手法である。

GAを用いた最適化の処理フローを図1に示す。入力値として、コージェネ運用の前提となる電力負荷および熱負荷の値と機器特性式を用意する。GA演算内部では、コージェネの運用モデルによりコスト・消費エネルギーの試算を行う。GA演算は図2に記す反復計算のルールに従い運用試算を何度も繰り返すことで、理想的なコージェネの運用条件（最適解）を効率良く探索し、これを出力値とする。反復計算回数を多くするほど、計算時間は長くなるが、最適性の精度が高まる傾向となる。本稿では、最適性と計算時間の兼ね合いにより、1万回の計算を行うことで最適解を求めることにした。このとき計算にかかる時間は物件によって異なるが、おおむね10秒～30秒である。

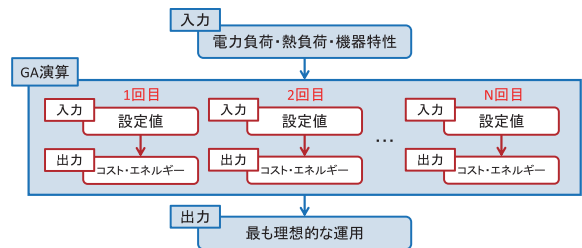


図1 GA全体フロー

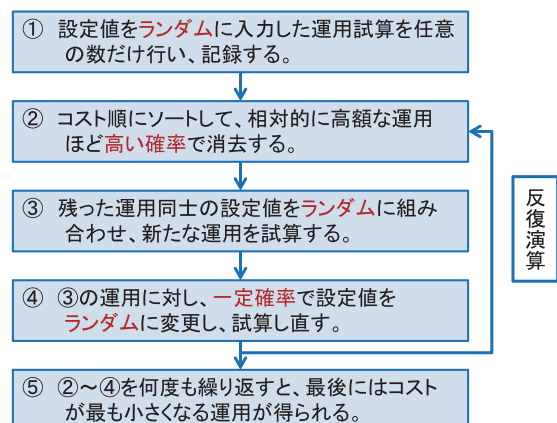


図2 反復計算のルール（コスト最小化の場合）



## 2.3 最適解の精度向上

GAの探索方法は、図2の通りランダム性が強く、出力される最適解が本当に最も良い解である保障がない。GAのような近似解法で得られる解は、一般に近似最適解と呼ばれる。

本稿では、この問題を出来る限り小さくするため、最適化手順に「局所探索」を独自に組み合わせた。局所探索とは、解を少しずつ組み換えながらより良い解を探すという、GAと並ぶ1つの最適化手法である。ここではGAで得られた近似最適解に対し続けて局所探索を行うことで、近似最適解の最適性のさらなる向上を図った。

最適解が判明している例において、局所探索を行う場合と行わない場合のGA演算を複数回実施した。その結果、表1のように、局所探索を行うことで、最適解への到達率が2%から67%へと大幅に向上した。図3にはGAの反復計算と局所探索による出力値の収束履歴の一例を示す。GAの反復計算を行うほど出力値が小さくなり、それだけでは最適解に到達できなかった場合のフォローとして、局所探索がうまく機能していることがわかる。また、局所探索を行った残り33%の解は、全てが最適解から誤差0.001%に収束した。このことから、局所探索を経た近似最適解の精度は高く、実用上問題にならないと結論付けた。

表1 局所探索の効果検証結果

	最適解到達度	最適解との最大かい離幅
局所探索なし	2%	0.015%
局所探索あり	67%	0.001%

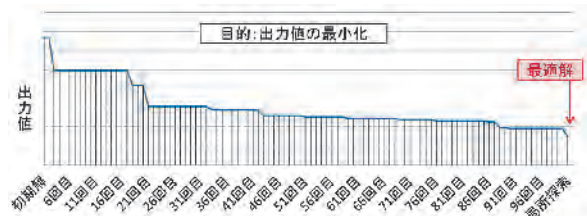


図3 出力値の収束履歴

## 3 実物件での検証（H病院）

### 3.1 H病院概要

静岡県のH病院におけるコージェネ設備の運転データより、開発した最適化手法の検証を行った。

H病院は600床規模の総合病院である。本施設の発電機はガスエンジン735kW×2台で、その

排熱は蒸気吸収式冷凍機による冷房と、暖房・給湯・蒸気供給に利用されている。またH病院では、表2に示す設定値によって発電機の運転台数や発電量を制御し、コジェネの運用方法を定めている。

表2 H病院設定項目 [単位kW]

項目	概要
受電目標値	受電量の最低量
起動点	1台目の発電機が起動する負荷電力
増段点	2台目の発電機が起動する負荷電力
減段点	2台目の発電機が停止する負荷電力
停止点	1台目の発電機が停止する負荷電力

### 3.2 H病院コージェネ運用の最適化

ここでは、コージェネ運用コストの最小化を最適化の目的とした。

H病院の最適化で検討する制御項目を表2に示す。また、最適化演算を行う際に、以下のような設備および運用上の制約条件を設定した。

- ①全ての負荷の需要を満たす。
- ②受電電力が受電目標値より下回らず、かつ契約電力を超えない。
- ③発電電力が発電機の最低負荷率を下回らず、かつ最大発電能力を超えない。
- ④発電機のハンチング防止のため、起動点は契約電力-100kW、減段点と停止点はそれぞれ増段点と起動点から-100kWとする。

つまり、H病院の最適化とは、上記の制約条件を満たしつつコストを最小とする制御値を求めることである。ただし制約④により、実際に最適化を検討する項目は表2の全てではなく、増段点と受電目標値の2つとなる。

### 3.3 H病院検証の手順

本検証の手順として、初めに運用モデルを構築した。過去1年分の運転データから得た機器の特性式を用いて、病院内のエネルギーフローを数式化し、コージェネの運用における入力値から出力値を求める計算を可能とした。

次にH病院の負荷を分類・整理した。負荷に関する日報データは1時間毎、24時間365日分が存在する。これらを傾向で区別するため、月と曜日（平日・土曜・休日）について分類し、それぞれ時刻別に平均をとりパターンを作成した。以降、最適化演算ではこの負荷パターンを用いた。

検証期間は平成27年度冬季とし、最適化演算により平成27年12月～平成28年3月の4ヶ月



間を通した制御設定値の最適解を求めた。そして、その後これを実設備の設定値として適用した。

### 3.4 H病院検証結果

求めた最適解の設定値を表3に示す。最適化により増段点と付随する減段点が下がった。これは、演算対象のガス単価がこれまでより安くなり、発電を多く行う方がメリットを得られるためである。受電目標値は最適化前後で変わらなかった。もともとH病院では、発電量を増やすよう受電目標値が限界まで調整されていたためであり、これは特殊な例と考えている。

表4は最適化に伴うエネルギー費の削減効果を求めた結果である。表中の「演算値」は最適演算から推定した削減額の期待値であり、「実測値」は演算で求めた制御設定値で実際に運用したことにより得られた削減額である。

演算値では4ヶ月間で約160万円のコスト削減効果が見込まれた。削減割合は小さいが、これは当該設備において当社はESCO契約を行っており、過去に最適チューニングをある程度行っていたためである。また、2月のみ削減効果がプラス値を示している点は、検討対象とした平成27年度がうるう年であり、従来値として用いた平成26年度よりも日数が多いためである。一方、実測値の削減効果は約140万円であり、試算結果よりやや少なくなった。また、月により誤差割合がさらに大きくなっている。誤差の理由は、平成27年度の冬期は気温が比較的高かったことや、熱源機器の運用が一部変更されたことによる影響が考えられた。

最適化後の消費エネルギーを確認したところ、従来と比べて小さくなった。コージェネは十分な排熱利用ができれば買電+発熱よりもエネルギー消費量は小さくなるため、発電量が増えた今回の結果では省エネも実現できた。ただし、燃料単価に

表3 H病院設定値 [単位kW]

	受電目標値	起動点	増段点	減段点	停止点
最適化前	250	740	1340	1250	665
最適化後	250	770	1250	1150	670

表4 H病院最適化の効果

	演算値		実測値		誤差	
	削減効果	削減割合	削減効果	削減割合	値	割合
12月	¥-241,529	-1.30%	¥-723,363	-4.00%	¥-481,834	-2.66%
1月	¥-1,132,659	-5.66%	¥-1,570,588	-8.03%	¥-437,929	-2.24%
2月	¥189,109	1.02%	¥1,248,381	6.36%	¥1,059,272	5.39%
3月	¥-434,359	-2.21%	¥-369,685	-1.87%	¥64,674	0.33%
累計	¥-1,619,437	-2.11%	¥-1,415,255	-1.84%	¥204,183	0.27%

よっては発電量を抑えた方が安くなる場合もあり、必ずしもコストとエネルギー消費量が同時に小さくなるとは限らないため注意が必要である。

## 4 実物件での検証 (N病院)

### 4.1 N病院概要

N病院は名古屋市内にある約850床の総合病院である。N病院の発電機は、ガスエンジン610kW×3台で、その排熱は排熱利用型ガス吸収式温水機（ジェネリンク）と蒸気吸収式冷凍機による冷房と、熱交換器を介して暖房・給湯に利用されている。

発電機制御の設定項目を表5に示す。H病院よりも項目が多く、これらが相互に作用して3台の発電機の起動/停止動作を決定している。また、運転モードとして「発電優先」と「受電優先」の2つのモードがあり、モードは任意の時間に切り替えることができる。

表5 N病院設定項目 [単位kW]

発電優先モード	受電優先モード
1台目起動電力 (DA1)	発電目標値 (DB1)
受電目標値 (DA2)	受電目標値 (DB2)
後続機起動電力 (DA3)	後続機起動電力 (DB3)
複数台解列電力 (DA4)	解列電力 (DB4)
1台解列電力 (DA5)	

### 4.2 N病院コージェネ運用の最適化

前章のH病院と同様にコスト最小を最適化の目的とする。また制約条件について、H病院の制約①~③が同様に発生する。また④に代わり次の条件を課した。

- ⑤DA1とDB2を除く各設定値は自動で決まり、任意の変更は不可とする。
- ⑥受電優先モードを基本とし、日中に発電優先モードへ切り替える際は、その開始時刻を5時~8時、終了時刻を20時~0時の範囲内とする。

以上よりコスト最小化に向けて検討する項目は、設定値DA1とDB2、モード切替の実行判断、発電モードの開始時刻と終了時刻の5項目である。

### 4.3 N病院検証の手順

過去一年のデータから運用モデルと負荷パターンを作成した。最適化演算期間は1年とし、最適値の変更頻度を年1回、年3回、月1回とした場合について、頻度が最適解に与える影響の比較検証も行った。また、発電機のメンテナンス費につい

で、現状の単価 (kWhあたり) と、現状の半額程度に減額した場合の2通りの条件で試算した。

#### 4.4 N病院検証結果

従来のコストと、今回検討した計6通りの最適化コスト (試算値) を表 6に、月1回変更時の設定値DA1とDB2を表 7に記す。コストの削減量は、最適化演算を頻繁に行うほど高い効果を示した。現状のメンテナンス単価の場合、設定値は従来とほぼ同じ値であり、削減効果は40万円程となった。一方メンテナンス単価を半額とすると、設定値が大きく変わり、約600万円の削減効果が見込めた。

メンテナンス費が現状単価の場合は、発電機を出来る限り運転させない傾向に、半額単価の場合は、発電機を運転させる傾向になっている。これは運転モードに関する設定項目も同様であった。N病院のエネルギーコストは発電機を動かすほど有利な運用となるが、同時に運転量に応じてメンテナンス費が増加するため、メンテナンス単価が高いとコスト全体の削減効果を打ち消してしまうからである。

今回の条件では、演算した最適値による運転と従来の運転が同じ傾向だったため効果は少なかった。しかし環境が変わり、最適な運転傾向に違いが生じる場合には、本演算による効果が大きくなる可能性を示した。

表 6 N病院最適化の効果

メンテナンス単価	現状		半額	
	削減効果	削減割合	削減効果	削減割合
年1回変更	¥-73,691	-0.02%	¥-5,853,196	-1.78%
年3回変更	¥-253,452	-0.07%	¥-6,029,331	-1.83%
月1回変更	¥-422,920	-0.12%	¥-6,031,092	-1.83%

表 7 N病院設定値[単位kW]

	従来設定値		最適設定値(現状)		最適設定値(半額)	
	DA1	DB2	DA1	DB2	DA1	DB2
1月	1900	1800	1900	1500	1465	1500
2月			1900	1500	1452	1500
3月			1900	1525	1420	1500
4月			1900	1761	1430	1500
5月			1900	1793	1386	1500
6月			1900	1797	1435	1500
7月			1900	1507	1532	1500
8月			1900	1613	1598	1500
9月			1900	1740	1480	1500
10月			1900	1800	1392	1515
11月			1900	1800	1900	1511
12月			1900	1500	1436	1500

## 5 実用化に向けて

### 5.1 最適化サイクルの検討

本稿では最短1ヶ月単位の最適化演算を行ったが、実際には曜日、気象、熱源機の運用変更による

負荷変動等によって時々刻々と最適値が変動する。従って、適正な演算頻度の検討が必要である。一般的に、最適化を数多く行った方がその効果は高くなる。しかしコージェネ運用を手動で管理している場合、変更回数が多いほど管理者の負担が大きくなる。一方で表 7のように、長期間にわたり最適運用の傾向があまり変わらない時期があれば、何度も演算と設定値の変更を繰り返すメリットは薄い。従って最適化による効果と管理負担のバランスを取る必要がある。これに応じるため、本ソフトでは最適化サイクルの期間を1年から1日まで自由な変更を可能とした。

### 5.2 エネルギー管理システムとの融合

負荷予測と組み合わせて1日単位で最適化を行いたい場合、中央監視によるデータ収集や発電機制御値の変更などを機械的に行う仕組みが必要となる。そこで、当社開発のエネルギー管理システム (ToEMS) と組み合わせることにより遠隔監視制御の実証試験を行う。教育センターから遠隔でデータ取得、最適化演算、制御を行うシステムを構築し、予測した負荷に対する最適値をH病院に提供するものであり、平成28年12月より稼働する予定である。

最適運用技術は熱源システムにとどまらず、太陽光発電や蓄電池、さらにデマンドレスポンスや電力取引などを含む電力需給設備の運用に対して必須の技術である。ToEMSとの融合で、将来のスマートエネルギーを支える、当社独自の最適運用システムの構築に取り組んでいく。

## 6 おわりに

本研究では、GAを利用したコージェネ運用の最適化演算ソフトの開発を行った。実物件で検証した結果、条件によっては最適化の効果が小さい場合があるものの、コストの削減効果を確認することができた。

今後はソフトとしての汎用性を高め、コージェネ運用の最適化、さらにはEMSのサポートをサービスとして事業展開できるように開発を進めていきたい。

最後に、本研究にご協力頂いたH病院、N病院の関係者、及びエネルギー事業部の支援に心よりお礼申し上げます。

以上

# 当社独自の分析診断機能を備えたエネルギーマネジメントシステム「ToEMS (トエムス)」の開発

## 1 はじめに

近年、あらゆる設備・装置を監視制御の対象とし、取得したデータを、省エネ、省力化、効率改善、品質管理など、様々な活動に利用する取り組みが拡大しており、そのニーズは今後も高まると予想される。

各種設備の監視制御システムについては、運転データの有効活用方法が重要な課題の一つであり、当社では以前から各種設備の運転データを基に、設備の健全性や省エネ化などの分析・診断を行う手法を独自に開発してきた。

今回、空圧設備・空調設備・太陽光発電 (PV) 設備における当社独自の分析診断機能を統合し、オープンネットワークに対応したEMS (エネルギーマネジメントシステム) 「ToEMS (トエムス)」を開発したので、以下に報告する。

## 2 開発目標

EMSを開発するにあたり、以下の開発目標を設定した。

- ・上位系統通信にBACnetを採用。
- ・フィールドネットワークとして、各種オープンプロトコルに対応。
- ・表示画面のデザインを自由に作成できる。
- ・計測だけでなく制御にも対応する。
- ・当社独自の分析診断機能と連携させる。
- ・エネマネ事業者登録の機能要件を満たす。

### 2.1 BACnetの採用

BACnetとは、ANSI/ASHRAEで定めたBA用のオープン通信プロトコル規格であり、ISO16484-5に登録されている。

近年の中央監視システムは、上位系統の通信プロトコルとしてBACnetを採用しているものが多い。BACnetを介せば他のメーカー製中央監視システムやサブシステムとの通信が可能となるため、開発するEMSはBACnetに対応することが必要である。

### 2.2 フィールドネットワークについて

EMSは、あらゆる設備・装置の監視制御を行う必要があるため、フィールドネットワークとして各種オープンプロトコルや、主要メーカー製PLC (プログラマブルロジックコントローラ) の通信

規格に対応することが必要である。またオープンプロトコルの例として、電力量計・流量計・温度計などにおいては、近年Modbusを採用した製品が増えており、対応は必須である。

### 2.3 SCADAの採用

EMSの開発とは、即ちソフトウェアの開発である。すべてを独自に開発することも可能であるが、時間と労力がかかり現実的ではない。一方、監視制御システムを構築するための機能をパッケージ化したソフトウェア (SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition) が市販されており、これを用いることで基本的な機能の開発は不要となる。そこで、今回はSCADAを用いてEMSを構築することとした。

SCADAは、国内メーカー製品の調査結果より、生産設備の監視制御機能を基本とし、ビル向けの機能 (BA機能: スケジュールやデマンド制御など) が充実している2社を比較検討し、社内での開発が容易と評価したJTエンジニアリング(株)製の「JoyWatcherSuite」を採用した。

## 3 SCADAの機能

今回採用したSCADA「JoyWatcherSuite」のパッケージは、基本機能とBA機能の2本で構成される。以下に、それぞれの機能について記載する。

### 3.1 SCADAの基本機能

「JoyWatcherSuite」の基本機能を以下に示す。

#### (1) サーバ機能

フィールド機器との間で通信を行い、データの読み書きを行う機能。BACnet、Modbus、LONWORKSといったオープンプロトコルと、各社PLCの独自プロトコルに対応したドライバソフトが準備されているので、設定のみでこれらの通信方式に対応した機器との通信が可能。

#### (2) データベース機能

通信して得られたデータは、そのまま画面表示するだけでなく、必要な項目を選択してデータベース (DB) に時系列データとして保存する事が可能。

#### (3) 監視画面

データ表示画面を、自由に作成可能。現在値の表示、数値にあわせたアニメーション表示も可能。





#### (4) トレンドグラフ

時系列データを、トレンドグラフとして表示する機能。DBから過去データを読み込んで表示するヒストリカルトレンド、最新の値を表示するリアルタイムトレンドの両方に対応している。

#### (5) イベントサマリ

条件式を設定することにより、条件一致時にイベントを発生させる機能。イベント動作として、警報発報、値の演算・集計・書き込み、外部プログラムの起動などが行える。

#### (6) アラームモニタ

イベントや警報の履歴を表示する機能。

#### (7) パネル

各機能で作成した画面を登録し、画面切換表示、複数画面の同時表示が可能。

#### (8) 帳票作成

DBから過去データを読み込み、日報、月報、年報の帳票として出力する機能。あらかじめExcelで作成したフォーマットへのデータ出力が可能。

#### (9) メール送信

警報発生時の通知や定期通知など、電子メールの送信が可能。

### 3.2 SCADAのBA機能

「JoyWatcherSuite」と連動して動作するBA用の拡張モジュール「BA Tool」の機能を以下に示す。

#### (1) 管理点

複数の情報を1つにまとめ、管理点として登録する機能。空調機などの状態管理などに利用する。

#### (2) デマンド監視制御

電力計測データを用い、電力デマンドの予測演算を行う機能。予測電力が警報電力を超過する場合、イベントを発生させ、メールの送信や負荷の遮断などを行う事が可能。

#### (3) スケジュール発停

タイムスケジュールを登録し、機器を自動的にスケジュール発停する機能。

#### (4) アワーメータ

機器の累積運転時間、運転回数、停止回数などを管理する機能。

#### (5) Webサーバ

パネルの表示画面を、HTTP形式で配信する機能。ネットワーク上のPCで、ウェブブラウザを使って各種画面の表示や操作が可能となる。

図1に、JoyWatcher（ToEMS）で作成した監視画面の例を示す。

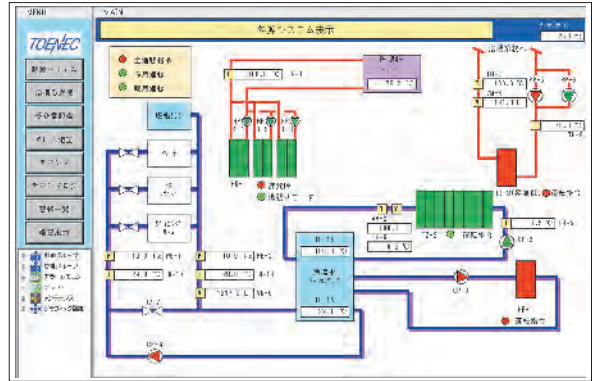


図1 監視画面表示例

## 4 当社独自機能の開発

ここまで述べたJoyWatcherの機能を用いれば、標準的なEMSとしての機能は構築可能である。しかし、今後の市場展開を考えると、独自性のある機能を搭載して差別化を図る事が重要である。この対応として、これまでの研究成果を活用し、当社独自の機能追加を行った。その内容を以下に記す。

### 4.1 電力デマンド監視関連機能

#### (1) デマンドログ表示機能

標準のデマンド監視画面は30分毎の状況をグラフで監視できるが、時限が移行した際は画面が更新され、過去の実績が確認できない。そのため、デマンド電力超過に対する予測、分析診断、迅速な超過防止策を検討する事が不可能であった。そこで、トレンドグラフの機能を用い、過去のデマンド実績と目標値をグラフで表し、デマンド制御の動作履歴をタイムチャートで重ねて表示する画面を作成した。作成した画面を図2に示す。これによ

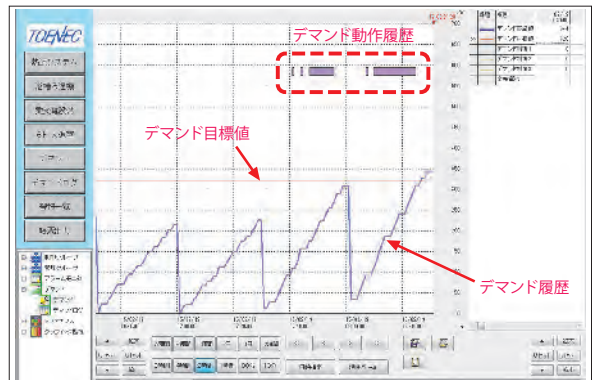


図2 デマンドログ表示機能

り過去のデマンド電力が確認でき、デマンド電力の推移傾向が把握できるため、目標値と現在値の裕度の確認や、今後のデマンド超過の可能性を推測することができる。また、デマンド動作履歴により、負荷遮断が行われた頻度や時間が確認できるため、契約電力の見直しなどの検討にも役立つ。

(2) デマンド調整電力表示機能

標準のデマンド監視画面にはデマンド調整電力の表示機能がなかったため、この機能を追加した。デマンド調整電力とは式(1)で求まる値で、調整電力がプラスのとき余裕電力、マイナスのとき超過電力で表される。つまり、現時点において、超過電力の場合は遮断すべき負荷容量を示し、余裕電力の場合は投入可能な負荷容量を示すものである。このように時間経過も考慮した具体的な容量が示されるため、事前に負荷設備の容量を把握しておけば、どの負荷を遮断すべきか、または投入可能かを判断する事ができ、デマンド電力に対する負荷の調整を最小限にすることができる。

$$\text{調整電力} = (\text{目標電力} - \text{予測電力}) \times 1800 / \text{残り秒数} \dots (1)$$

構築手法としては、イベントサマリ機能で演算を行い、図3に示すように、結果を標準のデマンド監視画面上に重ねて表示した。

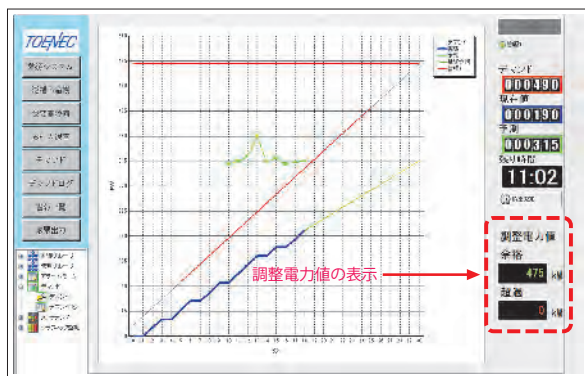


図3 デマンド調整電力表示機能

4.2 制御機能連携(エアーマイスターとの連携)

当社が開発した制御システムに、コンプレッサ台数制御システム「エアーマイスター」がある。これは、工場などで多く利用されている空気圧縮機の運転を最適制御して省エネを実現するものであり、制御装置(PLC)と表示・操作のタッチパネル表示器(GOT)から構成されている。今回、エアーマイスター制御盤にEthernetHUBを増設し、ToEMSをEthernetで接続してToEMSから

エアーマイスターの操作パネルと同等の監視制御(状態表示、発停操作、設定値変更)が行えるように開発を行った。また、従来はエアーマイスター側にデータロギング用の機器を設置して行っていたコンプレッサ運転データの記録についても、ToEMSのデータベースに記録するようにし、データロギング用機器の設置を不要とした。

図4に接続構成を、図5にToEMSによるエアーマイスター操作画面の例を示す。

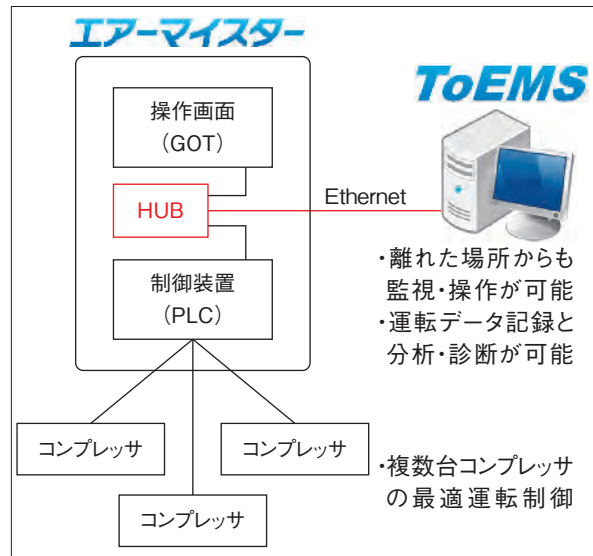


図4 エアーマイスターとToEMSの接続構成

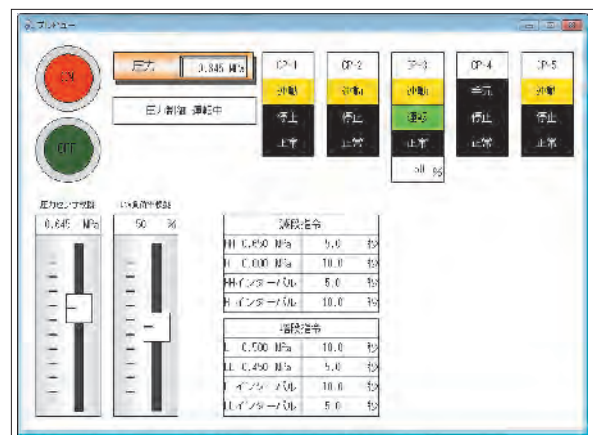


図5 ToEMSによるエアーマイスター操作画面例

4.3 異常診断機能の統合

当社はこれまでに複数の設備について計測データを用いた異常診断手法を研究開発し、ソフトウェアとして機能構築して活用してきた。

今回、ToEMSとこれら異常診断機能を統合し、自動的に異常診断が実行できるように開発を行った。以下に、3つの機能について、統合した内容を記す。

(1) 空圧設備異常診断ソフトの統合

空圧設備異常診断ソフトは、エアーマイスターの計測データを用い、コンプレッサ本体やドライヤ・冷却塔などの補機、ならびに配管やフィルタなどの供給設備に発生した異常を検知するソフトである。

今回このソフトについて、直接ToEMSのデータベースにアクセスしてデータを読み込めるようにすることで、ToEMSとの組み合わせで自動診断が行えるよう改良した。

(2) PV劣化診断アルゴリズムの統合

平成27年度に開発した当社独自のPV劣化診断アルゴリズムをToEMSに統合し、サイネージ機能、遠隔監視機能、劣化診断機能をToEMSのみで実現可能とした。

(3) 空調熱源異常検知ソフトの統合

空調熱源異常検知ソフトは、空調用熱源機器およびポンプを診断対象とし、運転データから機器の劣化度や効率などを診断して異常を検知するソフトである。今回、空圧設備異常診断ソフトと同様に、ToEMSのデータベースに直接アクセスしてデータを読み込めるように改良した。

## 5 エネマネ事業への対応

本年度、当社は「エネルギー使用合理化等事業者支援補助金」制度において、EMSを導入してエネルギー管理支援サービスを行う「エネマネ事業者」の登録を受けた。事業に用いるEMSには機能要

件が設定されており、エネマネ事業者登録と同時に登録する必要がある。ToEMSは、この登録に必要な要件を満たすように開発を行っており、本年度のエネマネ事業者登録において、事業に用いるEMSとしての登録を受けた。

登録を受けたシステムの構成図を図6に、機能要件への対応内容を表1に示す。表に示すように、ローカル（導入拠点）側での見える化・デマンド制御・省エネ制御機能に加え、センター側においても監視・制御・データ記録が可能となっている。また、デマンドレスポンスへの対応も予定している。

## 6 今後の展開

SCADAを利用し、当社独自のEMSとして各種機能の構築が可能なToEMSを開発した。ToEMSにより各種設備との接続、各種運転データの一元管理、既存システムとの連携が容易となる。この特長を活かし、今年度はマイクログリッドの最適運転制御および劣化診断の実現などを目指して研究を進めている。以下に、その内容を記す。

(1) コージェネレーションシステムの運用最適化

某総合病院において、ToEMSを用いたガスエンジンコージェネレーションシステム（以下コージェネ）の運用最適化の実証を行っている。

具体的には、既設の中央監視システム（azbil製 savic-netFX）とToEMSをBACnetで接続し、運転データの収集、制御値の変更、機器の操作を可能

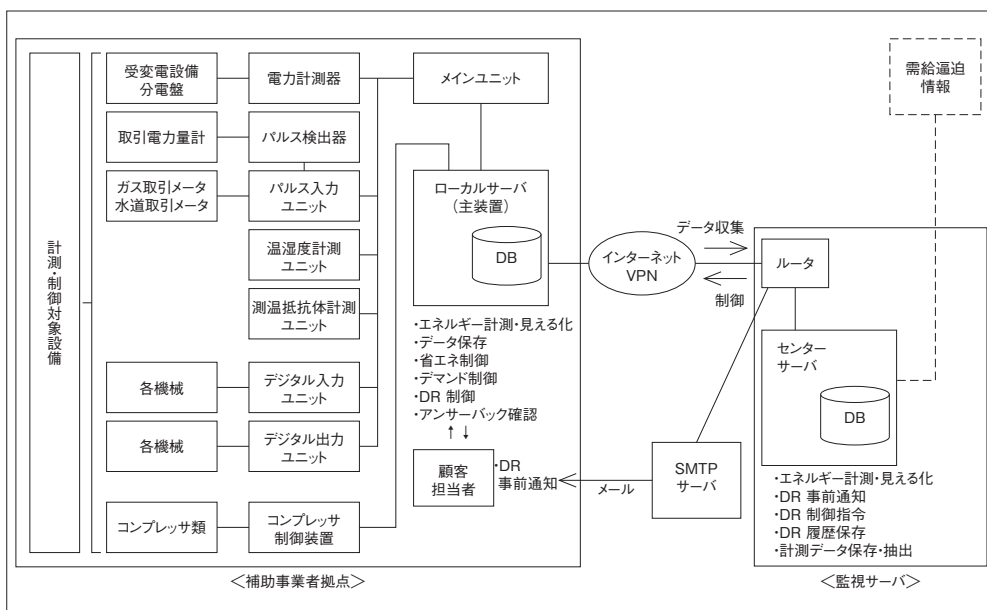


図6 エネマネ事業におけるToEMSのシステム・機器構成図



とする。その上で、開発中の運用最適化ソフトにより、負荷予測、エネルギー消費計算、エネルギー単価を考慮したコスト最小化となるガスエンジン制御パラメータの演算を行い、算出したパラメータによるコジェネの自動運転を行うことで、運用最適化を図る予定である。

(2) マイクログリッドシステムの運用最適化

技術研究開発部では、当社教育センター構内に新築される安全創造館にて、マイクログリッドシステムに関する研究を行う計画であり、その監視制御システムとしてToEMSを用いる。ガスエンジンコージェネレーション、PV、蓄電池、給湯負荷について、全体での最適運転制御を行う制御ロジックを開発して検証する。このほか、PVの異常診断、照明・空調設備の監視制御、エネルギー監視を行う予定である。

(3) 太陽光発電システムの監視および劣化診断

当社の事業用PV発電所であるエーザイ川島太陽光発電所（1.5MW）に、劣化診断アルゴリズムを搭載したToEMSを導入し、状態監視機能および異常診断機能の検証を行う予定である。

(4) その他

上記以外にも、生産現場の工程管理を目的とした「みえるダイカスト」「みえるプラス」や、排水

設備の異常診断システムについても研究を行っており、今後ToEMSとの連携を図る計画である。

これらを含めた、ToEMSの全体構想を図7に示す。図中、黒枠で囲った機能は開発済み、赤枠で囲った機能は開発中の機能である。

7 おわりに

今回、当社独自の分析診断機能を備えたEMSであるToEMSの開発を行った。ToEMSは自社開発システムであるため、お客さまの多様な要望に対応し導入する事が可能であり、導入後においても様々な変更要望に自在に対応可能である。このような取り組みの中で、お客さまとの信頼関係をより強固にできると考えている。

また、省エネに向けた取り組みは、従来の機器単体やシステム単独での最適化から、今後は各種機器間や複数システム間での最適化へ進むものと考えられる。このような背景から、ToEMSの重要性はますます高まるものとする。

今後も様々なシステムとの連携や、制御・診断手法の開発を行い、適用範囲を拡大するとともに、他社製品との差別化を図る予定である。

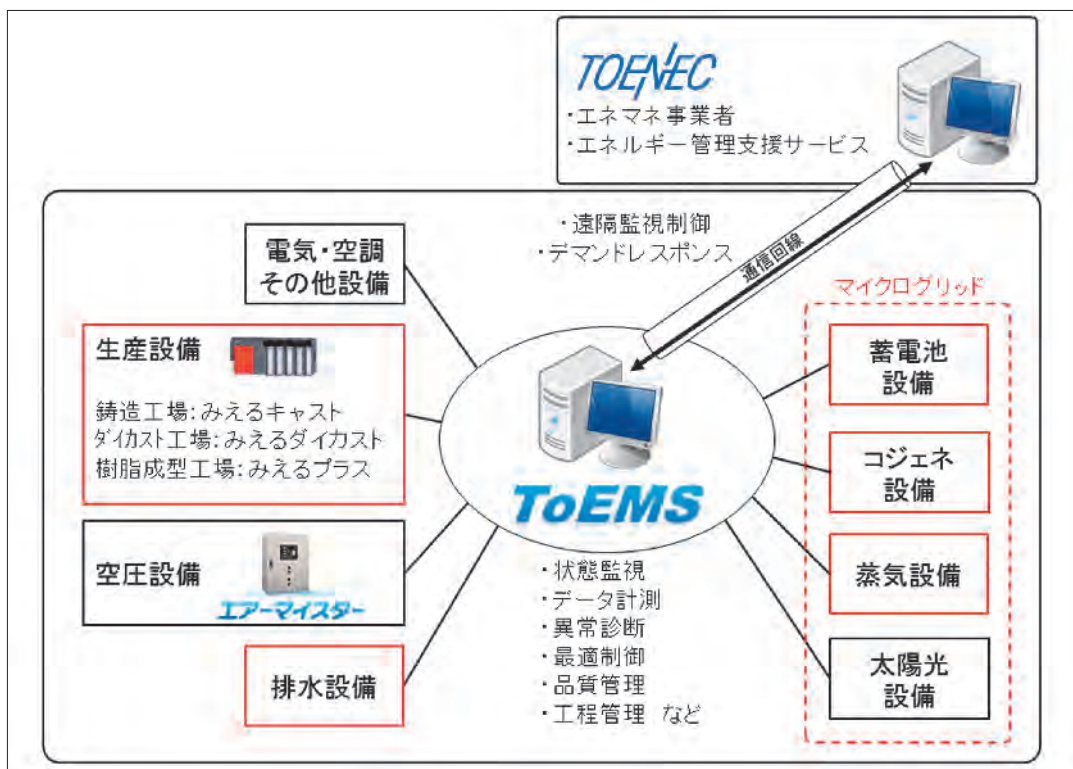


図7 ToEMSの全体構想

表1 エネマネ事業におけるToEMSの機能要件対応内容

No	項目		詳細	
導入拠点における機能要件				
1	エネルギーの計測・見える化	全体	見える化	電力、ガスその他のエネルギーも含め、1ヶ月以内の事業所全体のエネルギー消費量の原油換算値を帳票およびグラフで閲覧可能。
2		電力	全体電力消費量	事業所全体の電力消費量の計測が可能。外部へ売電を行う場合は売電量の計測も可能。
3			個別電力消費量	系統別や機器別、発電設備、蓄電設備、フロア別等の個別消費電力量計測が可能。
4			計測間隔	計測点をそれぞれ30分以内の間隔で計測し、1ヶ月以上の保存が可能。
5			見える化	全体および個別計測点の30分以内の電力消費量について、帳票およびグラフ形式で閲覧可能。
6		電力以外	全体エネルギー消費量	事業所全体のエネルギー消費量を計測もしくは入力し、1ヶ月以上保存する事が可能。
7			個別エネルギー消費量	機器別のエネルギー消費量を計測もしくは入力する事が可能。
8			計測(入力)間隔	全体・個別それぞれの項目を1ヶ月以内の間隔で計測・入力する事が可能。
9			見える化	全体および個別計測点の1ヶ月以内のエネルギー消費量について、帳票およびグラフ形式で閲覧可能。
10	接続機器制御	電力	個別機器制御	省エネやデマンドピーク対策のために各機器を自動制御可能。
11			デマンド目標設定と通知	事業場全体の30分デマンド値目標が設定でき、設定された目標値を超える蓋然性が高い場合には責任者へ自動的に通知可能。
12			デマンド制御	設定した30分デマンド目標以下に自動制御する事が可能。
13		電力以外	個別機器制御	省エネのために各機器を自動制御する事が可能。
14	共通	アンサーバックの取得	EMS制御信号に対し、制御対象機器が信号にON/OFFしたかどうかを確認する事が可能。	
エネマネ事業者のセンターシステムに対する機能要件				
15	見える化	一覧表示	補助対象設備の電力消費量および電力以外のエネルギー消費量を一覧表示可能。事業場全体については原油換算値で表示可能。	
16	デマンドの制御	デマンドレスポンス/通知機能	電力会社等からの要請等を受け取り、要請地域の導入拠点に対し必要な事前通知を行う事が可能。	
17		デマンドレスポンス/制御機能	電力会社等からの要請等を受け取り、要請地域の導入拠点に対し必要な制御を行う事が可能。	
18	データの保存・抽出	計測データ等の保存	サーバ上に保存し、閲覧可能。保存データの粒度は、電力データは30分以内の間隔で3年以上、その他のデータは1ヶ月以内の間隔で3年以上の保存が可能。	
19		制御履歴の保存	EMSによる設備への制御履歴、および電力会社等からのデマンドレスポンスの要請等に対応した履歴を30分以内で3年以上保存可能。	
20		計測・入力データの抽出	全計測および入力データをCSV形式で抽出可能。	
21	その他	通信遮断への対応	センターシステムとの通信が一時的に切断されても、導入拠点EMSにてローカル制御、データ計測・蓄積を継続し、センターサーバのデータリカバリが可能。	
22	標準プロトコルへの対応		デマンドレスポンスなどの標準プロトコルが正式発表された場合、それらの標準プロトコルへの対応が可能。	

# 配電線工事におけるタブレットPCの活用

## 1 はじめに

配電部門は、電力業界において競争原理の導入が強く求められている環境下、同業他社に打ち勝つために「業界ナンバーワン」を目指し、更なる「安全」「品質」「生産性」の向上を図るべく、様々な諸施策に取り組んでいる。その中で、「業務マニュアルの差替不備による業務品質の低下」「工事写真整理による時間外増加」「自主検査不備による施工不完全事故の発生」「高圧停電実施確認票および仮送電工法作業実施確認票の取扱不備による災害・施工不完全事故の発生」等の課題に直面していた。

これらの課題を解決するためには、抜本的に業務の進め方を変えていく必要があると判断し、情報システム部と共に、「現場業務のシステム化」を進めている。

「現場業務のシステム化」の進捗状況とそのツールとして配備したタブレットPCの活用状況について紹介する。

## 2 課題への対応

### (1) 配電電子マニュアルシステム

#### ◆目的

配電部門のマニュアル・手引は数多くあり（152種）、必要な時に探し出せない、差替の管理ができず最新のルールになっていない等の問題があった。これらの問題を解決するために、マニュアル・手引等の体系の整理および内容の見直しを実施した。その後電子化し、システム管理する仕組みを構築した。（H27.3）

#### ◆システム概要

- ・配電部門の全てのマニュアル・手引（152種）を電子化し、そのうち現場業務に関わる52種類をタブレットPCへ自動配信【図1】
- ・マニュアル・手引だけでなく発信文書等PDF化したデータも自動配信

#### ◆特徴（工夫点）

- ・マニュアル・手引の自動更新機能の搭載
- 現場で使用するマニュアル・手引は、工法や工具等の変更による更新の頻度が高く、更新忘れが発生するリスクが高いと判断し、タブレットPCを社内回線に接続する都度、強制的に更新処理を実施。

#### ◆効果

- ・更新時にかかる費用の削減【表1】
- ・52種類のマニュアル・手引が持出可能（導入前は、必要最低限のマニュアル・手引を車載、その他は都度問い合わせ対応）【写真1、2】
- ・差替忘れ防止による品質の向上
- ・情報検索速度向上による生産性の向上

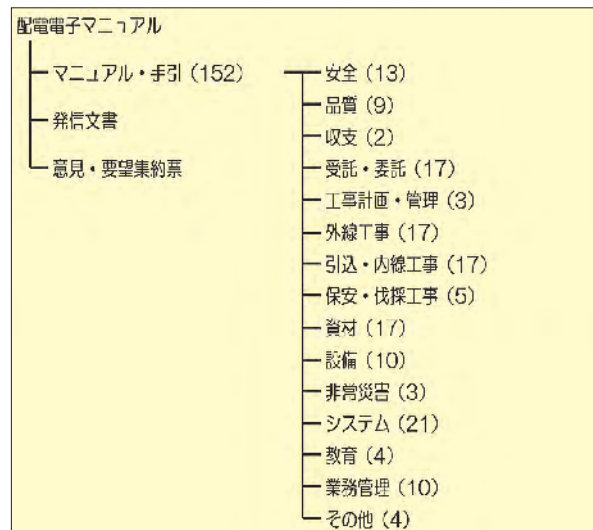


図1 配電電子マニュアルシステム構成

表1 システム化による費用対効果（試算）

（単位：百万円/年）

	導入前	導入後	削減効果
システム開発費用*1	—	0.3	0.3
更新時の印刷費用	14.0	7.0*2	▲7.0
更新時の差替費用	6.0	3.0*2	▲3.0
計	20.0	10.3	▲9.7

※1 タブレットPC導入費用は除く

※2 教育時の資料印刷および元本の差替え費用



写真1 導入前の持出状況



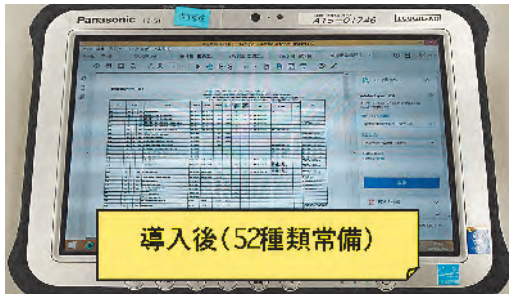


写真2 導入後の持出状況

(2) 配電施工写真システム

◆目的

不適切事象の再発防止策によって、施工時に写真撮影が必要な対象が増え、施工写真整理(印刷、帳票作成、撮影忘れ有無の確認)時間が増加していた。この問題を解決するために、施工写真と工事伝票データを紐付する仕組みを構築した。(H27.5)なお、システムの構築に合わせ発注者と調整し、データ管理を前提に施工写真の印刷提出を不要とした。

◆システム概要

- ・既存システムの工事計画データを連携
- ・タブレットPCで施工写真の撮影、整理
- ・施工写真の電子保管

◆特徴(工夫点)

- ・他システム連携機能および情報共有化機能の搭載  
(他システムで登録した情報の流用や他者が入力した情報の共有化を実現。)
- ・施工写真結合機能の搭載  
(複数のタブレットPCで撮影した施工写真を自動的に結合。)
- ・撮影知識(方法、シーン)確認機能の搭載

◆効果

- ・写真整理時間の短縮による時間外の削減【表2】
- ・帳票のペーパーレス化【写真3、4】
- ・施工写真の撮影忘れ防止および知識の補填による施工写真品質の向上

表2 システム化による費用対効果(試算)  
(単位:百万円/年)

	導入前	導入後	削減効果
システム開発費用 <sup>*1</sup>	-	4.6	4.6
時間外影響 <sup>*2</sup>	233.4	77.6	▲155.8
計	233.4	82.2	▲151.2

<sup>\*1</sup> タブレットPC導入費用は除く

<sup>\*2</sup> 整理時間18分/人日から6分/人日に削減



写真3 導入前の写真整理(3工程)

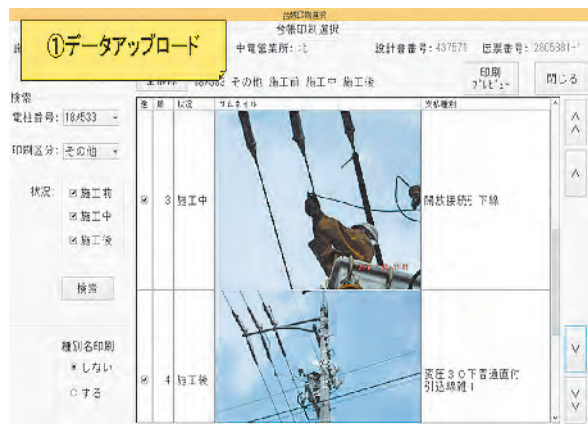


写真4 導入後の写真整理(1工程)

(3) 配電自主検査システム

◆目的

自主検査者の思い込みや検査忘れ(自主検査不備)による同種の施工不完全事故が複数件発生している。これらの事故を防止するために、施工内容と自主検査項目の紐付および検査ポイントを都度確認できる仕組みを構築した。(H28.5)

◆システム概要

- ・既存システムの工事計画データを連携
- ・検査時に必要となる情報の表示
- ・タブレットPCで検査結果の登録
- ・自主検査票の電子保管

◆特徴（工夫点）

- ・ 検査知識（方法、事故災害情報）確認機能の搭載
- ・ 検査不備警告機能の搭載  
 （ 検査の不備が発生した項目の背景色等が赤色となり視覚的に警告。 ）
- ・ 検査項目編集機能の搭載  
 （ 検査項目をテンプレート化し、テンプレートを選択することで検査項目の編集が可能。新たなテンプレートも容易に作成可能。 ）
- ・ 出力帳票の自動レイアウト調整機能の搭載  
 （ 検査項目を編集した際に自動的に帳票レイアウトを調整し、検査実施項目のみ出力。 ）

◆効果

- ・ 施工不完全事故の防止によるネガティブコストの削減、帳票購入費用および帳票整理にかかる時間外の削減【表3】
- ・ 検査忘れ防止および知識の補填による品質向上【写真5、6】

表3 システム化による費用対効果（試算）

（単位：百万円/年）

	導入前	導入後	削減効果
システム開発費用*1	-	6.6	6.6
ネガティブコスト*2	4.0	0.0	▲4.0
帳票購入費用	3.0	0.0	▲3.0
検査票整理の時間外影響	2.0	0.0	▲2.0
計	9.0	6.6	▲2.4

※1 タブレットPC導入費用は除く  
 ※2 施工不完全事故の審議会等にかかる人件費

検査項目	当該柱 00A001号柱側		当該柱 号柱側	
	道路側	家屋側	道路側	家屋側
低圧引電 グリップが 低圧引電線 子から外れ ていない か、（両側 から見て確 認する）	P ○	○	○	○
	01 (L1)	○	○	○
	02 (L2)	○	○	○
	N (E)	○	○	○

写真5 導入前の検査票（低圧グリップ）

検査項目	検査結果
低圧引電グリップが低圧引電線子から外れていないか、（両側から見て確認する）	○
01 (L1)	○
02 (L2)	○
N (E)	○

写真6 導入後の検査票（低圧グリップ）

(4) 掲示板

◆目的

現場技術者に必要な情報をタイムリーに伝えるべく、通知文書への現場技術者用ダイジェスト版の添付等の工夫をしているが、情報が伝わっていないことが原因と思われる事故・災害が発生する問題がある。

この問題を解決するために、配電自主検査システムの機能の一部として、電子掲示板の仕組みを構築した。(H28.5)

◆システム概要

- ・ 本店にて作成した掲示板情報をタブレットPCへ自動配信【写真7】
- ・ 平成29年度には、モバイル通信機能を利用した情報更新を可能とする予定

◆特徴（工夫点）

- ・ 更新不備警告機能の搭載  
 （ 掲示板を利用して重要な情報をリアルタイムに配信するため、情報更新に不備がある場合は、背景色が赤色となり視覚的に警告。 ）

◆効果

- ・ 情報伝達速度および精度の向上

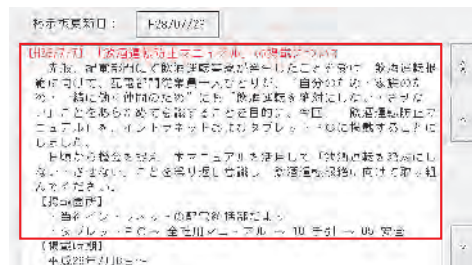


写真7 掲示板機能

(5) 配電確認票システム

◆目的

配電線切替操作時に利用する確認票において、アースフック取外し忘れ、現地状態の確認不足および、思い込みの操作による施工不完全事故が複数発生している。これらの事故を防止するために、確認および操作の手順をシステムで統制する仕組みを構築する。(H29.10予定)

◆システム概要

- ・ 配電線の切替作業を行うために必要となる確認票データの作成
- ・ タブレットPCに確認票データを取り込み、配電線切替操作の手順を表示（手順どおり確認をしないと、次の工程を表示しない）



- ・アースフックの授受確認

◆特徴（工夫点）

施工前の準備や施工後の検査といった既存のシステムとは異なり、モバイル通信を活用して施工中の手順を統制する今までにないシステムを開発している。

- ・進捗状況共有化機能の搭載  
 ( 現場責任者は、作業監督者の進捗状況を  
 確認でき、適切な指示・命令が可能。 )
- ・営業所での現場進捗状況確認機能の搭載  
 ( リアルタイムに進捗状況を把握すること  
 で現場単位での応援調整が可能。 )

◆効果

- ・施工不完全事故の防止によるネガティブコストの削減
- ・確認票の修正に伴う待機時間の削減

### 3 タブレットPCの選定および配備状況

配備対象や利用するシステム等を踏まえ、必要とする性能を勘案し、2種類のタブレットPCを配備した。[Lenovo製ThinkPad(804台)、Panasonic製TOUGHPAD(1,050台)]【表4、5】

表4 タブレットPCの性能比較

項目		Think Pad	TOUGH PAD
システム	電子マニュアル	○	○
	施工写真	○	○
	自主検査	○	○
	確認票	△*1	○
性能	価格	○	△
	防塵防水性能	△*2	○
	対衝撃性能	△*2	○
	画面視認性能	△	○
	携帯性	○	△
	セキュリティ	○	○
	OS	Win8.1	Win8.1
モバイル通信	—	○	

※1 モバイル通信での利用は不可  
 ※2 タブレットPC用の防護ケースが必要

表5 タブレットPCの配備状況

(単位：台)

	Think Pad	TOUGH PAD	計
工事管理者	0	222	222
現場技術者*	765	800	1,565
机上担当者	39	28	67
計	804	1,050	1,854

※現場技術者は協力会社を含む

### 4 費用対効果

「現場業務のシステム化」において、配備したタブレットPCおよびシステム開発費用に対する費用対効果は下表のとおりである。【表6】

表6 タブレットPC導入における費用対効果（試算）  
 (単位：百万円/年)

区分	項目	費用・効果
費用 (A)	開発費用	11.5
	タブレットPC導入費用	81.3
	小計	92.8
効果 (B)		174.8
費用対効果 (C=B-A)		82.0

### 5 今後の展開

インフラ面については、平成29年10月に運用開始を予定している配電確認票システムに併せて、タブレットPCにモバイル通信機能の追加を予定している。モバイル通信機能を利用することで、タブレットPC間の連係や現場での掲示板情報のリアルタイムな更新が可能となるだけでなく、営業所で現場の進捗状況を確認し、効率的な要員配置（応援調整）が可能となる。

システム開発については、「配電現場調査システム」と「配電作業日報システム」を計画している。配電現場調査システムは、工事管理者が行う現場調査業務の効率化および現場調査結果の共有化を目的としており、配電作業日報システムは、現場技術者が行う作業日誌作成業務の効率化を目的としている。

### 6 おわりに

「現場業務のシステム化」に伴い、タブレットPCの導入、活用は必須であるが、日頃からパソコン等を利用しない現場技術者からの拒否反応が大きい実態もある。現場技術者に真に受け入れられるためには、現場技術者の意見や要望に対して、スピード感を持って対応していくことや現場業務のシステム化の目的を明確にして伝えていくことが重要である。

今後も情報システム部と連携し、「現場技術者からの意見・要望についての早期対応」「現場業務のシステム化についての啓蒙活動」を行い、タブレットPCをより現場の身近なものにする努力をしていく。



# 多様な設置条件に対応した太陽光モジュール基礎工法について

## 1 はじめに

太陽光発電関連の工事は2012年以降、固定買取価格制度（FIT）により弊社の売り上げに大きく貢献してきた。しかし、その普及が進むにつれて、最近の太陽光発電工事の傾向として、立地条件が悪い土地へのモジュール設置を求められるようになった。具体的には、整地された平らな土地でなく、ゴルフ場のような起伏の大きな土地であったり、土地形質が岩系で通常の杭基礎を用いることができなかつたりする場合がある。

「オリックス津メガソーラー発電所」の工事においては、様々な現場状況に適したモジュール基礎を要求された。そこで本現場にて開発・施工をした3つのモジュール基礎を紹介したい。

### 【発電所概要】

発電所名：オリックス津メガソーラー発電所  
工事場所：三重県津市白山町三ヶ野  
計画土地面積：1,186,247m<sup>2</sup>  
連系先：中部電力株式会社  
モジュール：東芝250W 204,120枚  
（51,030kW）  
パワーコンディショナー：TMEIC 500kW 84台  
受電点電圧：77kV

## 2 土地の起伏に対応する基礎

### 2.1 諸条件

本現場の最も特徴的な点はゴルフ場独特の起伏の多さである。写真1のように起伏が大きく、施工前にはバンカーやコース間の樹木がある地形であった。

大まかなモジュールの配置計画はあったが、いかに整地を行い、起伏に対応し、効率よくモジュールを配置できる基礎を考案するかが課題であった。また、モジュール傾斜角度は南北方向へ10度であり、東西方向の段差によるモジュール同士の影を発生させないよう配慮する必要もあった。

### 2.2 基礎の構造

モジュール基礎は当社開発のFX鋼管基礎を採用した。地中では従来通りの構造であるが、図1のように本現場の起伏にも対応できるように、基礎高さが可変となるように設計した。高さの設定は上部材と下部材の組合せにより大まかに設定し、



写真1 施工前の状況

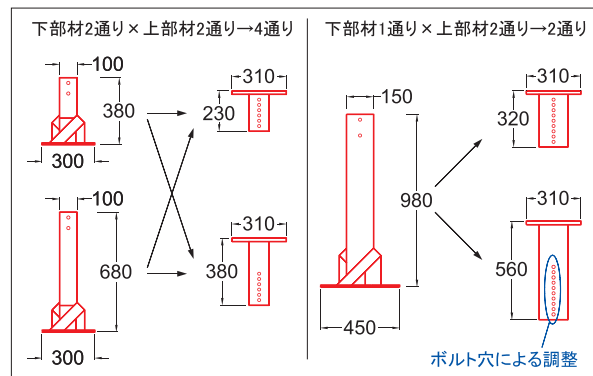


図1 FX基礎高さ調節の構造

ボルト穴の位置により微調整を行う。これにより基礎の高さを30mmまたは60mmピッチで300mmから1,390mmまで調整することができるようになった。

### 2.3 強度に対する検討

#### (1) 材料強度

基礎を高くすることや上部材と下部材に分けることは材料強度を軽減させてしまう可能性があった。そこで、本現場で使うFX鋼管基礎を試験センターに持ち込み強度試験を行った。圧縮、引張、せん断、曲げ、ねじりの試験を行い、設計荷重に対して十分な耐力があることを確認した。

#### (2) 地盤に対する強度

基礎を高くすることは地盤中の鋼管に対しての荷重を大きくし、引抜に対する安全性を低下させてしまうことにもなる。そこで、引張方向、地盤傾斜、拘束金具の有無等の様々なパターンの引抜を想定して、現地試験にてその耐久力を確認した。そして、その結果から材料の仕様をより強固なものへと変更し、現場での量産型へ反映させた。

名古屋支店 地中線工事事務部  
インフラグループ  
／伊藤 佑介



## 2.4 施工方法

基礎の設置はモジュールを設置したときと同じ大きさになるような治具を用意し、隣のアレイとの段差ができないよう基礎を設置し打設した（写真2）。その際、モジュール角度は南北方向には10度、東西方向には地なりに合わせた角度になるようにした（図2）。



写真2 治具を用いたFX基鋼管礎施打設状況

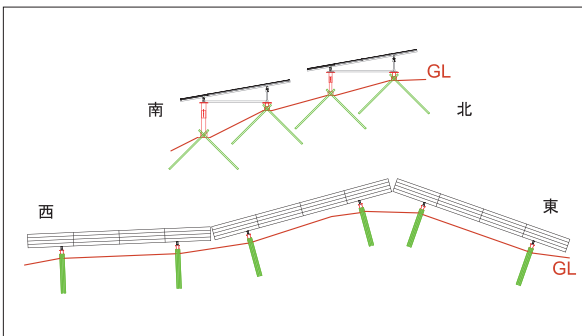


図2 傾斜の設置方法



写真3 基礎モジュール設置状況

## 2.5 まとめ

FX鋼管基礎は2013年に開発され、これまで多くの改良がされたが、今回、新たに多くの改良を行うことで、30度程度の傾斜のある地形でも地成りに多くのモジュール設置することができた。

## 3 岩系の地盤に対応するグラウンドアンカー基礎

### 3.1 諸条件

本現場は地表付近こそゴルフ場当時の芝生だが、もともとは固結シルトを基本とした土質であった。FX鋼管基礎は良質土においては、施工期間の短縮と強度に大きく寄与できるが、本現場のようにN値が50を大きくこえるような土質に対しては鋼管が貫入せず、従来では規定貫入長まで掘り起こす作業が必要であった。しかし、本現場のように50,000基を超える大量の基礎を打ち込む場合にはそのような作業はできなかった。また、置き基礎のように地盤の影響を受けない全く違う基礎を使うことも考えられたが、前述のように地盤の傾斜に対応するにはFX鋼管基礎を用いて、鋼管打設中に岩盤に当たった場合にはすみやかに違う施工方法に移行できるような基礎の考案が必要だった。

### 3.2 基礎の構造

本基礎は①地表に岩盤が露出している場合、②鋼管を打設して途中で岩盤に当たった場合の2通りを想定した（図3）。どちらも地盤を削岩機にて削孔した後、鉄筋D22を挿入し、セメントミルク（セメント2：水1）を注入している。この工法は高速道路の法面等で使われるグラウンドアンカーを参考にしてしている。

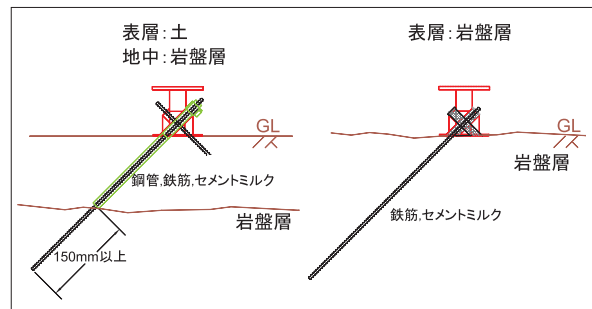


図3 グラウンドアンカー基礎の構造

### 3.3 強度に対する検討

本基礎はセメントミルクと岩盤との付着力により引抜荷重に対して強度を保っている。セメントミルクと岩盤の付着力は、現地試験を行い単位面積当たりの付着力〔N/mm<sup>2</sup>〕を算出した（表1）。

「グラウンドアンカー施工のための手引書（（社）日本アンカー協会）」では岩盤とセメントミルクの付着力は0.6～2.5N/mm<sup>2</sup>であったが、本試験では0.8N/mm<sup>2</sup>以上の付着力を確認した（表1）。



削孔径から削孔深66mmにて設計引抜強度に耐えるものであったが、施工のばらつき、将来の地盤の風化を考慮して、①セメントミルクと岩盤の付着長さを150mm以上とすること②鋼管もしくはセメントミルクが地中1.0m以上とすることを現場内ルールとした。また、岩盤とセメントミルクの他、セメントミルクと鉄筋の付着力、鉄筋の降伏強度についても検証を行い、安全性を確認した。

表1 セメントミルク-岩盤の付着力 試験結果

No.	掘削深 [mm]	付着面積 [mm <sup>2</sup> ]	引抜荷重 [N]	付着力 [N/mm <sup>2</sup> ]
1	100	11,938	15,190	1.3
2	90	10,744	17,248	1.6
3	140	16,713	19,904以上	1.2以上
4	160	19,101	19,972以上	1.0以上
5	200	23,876	19,757以上	0.8以上
6	200	23,876	19,639以上	0.8以上

20,000N までの重量計りのため本試験では引き抜けず

### 3.4 施工方法

施工方法は前述のように①地表に岩盤が露出している場合、②鋼管を打設して途中で岩盤に当たった場合の2通りがある。①の場合、設置しようとしている位置にFX鋼管基礎を設置し、削岩機にて地表から38mmの径で1,150mmまで掘削する。その後、セメントミルクを注入し、鉄筋を挿入する。このとき鉄筋にてセメントミルクが削孔した穴まで充填できているか確認する。FX鋼管基礎の口まで十分にセメントミルクを充填したら、表面処理を行い、鉄筋の防錆処理をし、セメントミルクを養生する。②の場合もほぼ同様に、鋼管を打設中に岩盤に当たったら、打設をやめ、鋼管の中を削岩機にて削孔していく。その後は①と同様にセメントミルクと鉄筋を挿入し、表面処理と防錆処理を行う。図4に②の場合の施工フロー図を示す。

### 3.5 まとめ

本現場の地盤の状況は、試験打ちにて見られたが、岩盤出現の割合が事前にわからないことに難しさがあった。本現場でグラウンドアンカーの施工を行ったのは約2,500基 (5.0%) であったが、これだけの数に対して、掘り起こす作業を行うことは現実的ではなかったため、工事前にこの工法を開発することで工期の短縮ができ、施工業者とも協調して施工を行うことができた。

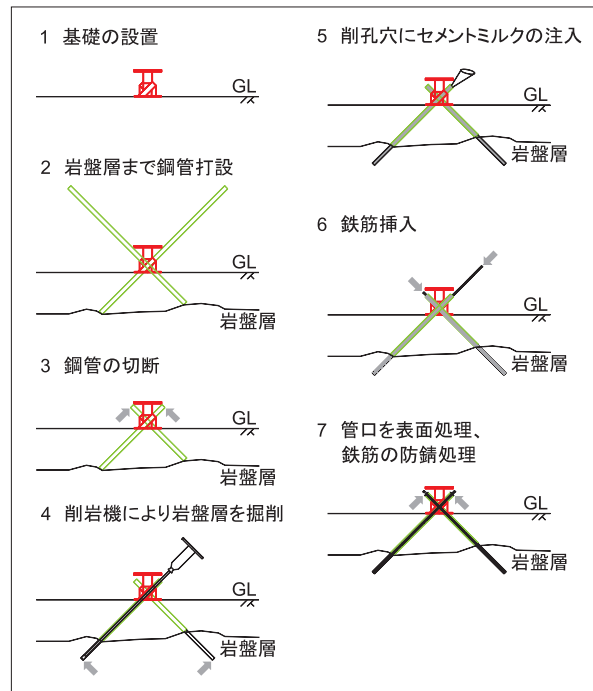


図4 グラウンドアンカー施工フロー (表面：土)

## 4 既設土間コンクリートに活かした基礎

### 4.1 諸条件

本現場には床面積約3,700m<sup>2</sup> (モジュール約1,800枚相当) のクラブハウスがあった。限られた土地を活かしてモジュールを設置するために、クラブハウスは解体・撤去する必要があったが、その土間コンクリートまで撤去するかどうかは検討が必要だった。土間コンクリートを撤去する場合、その処分にコストがかかること、地中梁等の埋設物の状況がわからないことが問題であった。土間コンクリートを残置して基礎を設置する場合、コンクリートの置き基礎がまず考えられたが、土間



写真4 クラブハウス撤去後 土間コン残置状況



コンクリート3,700m<sup>2</sup>のうち、1,300m<sup>2</sup>は500mm程度レベルが高くモジュール同士の影をなくすために、レベルを合わせようとするとなかなか大きな置き基礎を設置する必要があった。また、土間コンクリートに金属アンカーを直接打ち込む施工は土間コンクリートの強度の点から行うことができなかった。そこで、IronWing基礎（営業本部 伊藤課長開発）を参考に、土間コンクリートを活かした基礎を開発した。

#### 4.2 基礎の構造

基礎の構造を図5に示す。土間コンを500mm以上削孔し、そこにグラウンドアンカーと同様に鉄筋（D22）とセメントミルク（セメント2：水1）が挿入されている。引抜強度はこの土間コンとセメントミルクの付着力によってもたせている。鉄筋は地表から200mm以上露出させ、塩化ビニル管VU300を型枠にした円柱型コンクリートに一体化させている。基礎レベルは円柱型コンクリートの高さを調整することにより、土間コン範囲をすべて一定レベルとしている。円柱型コンクリートの頂板は金属アンカーを施し、施工誤差を吸収するために調整台座を設置している。

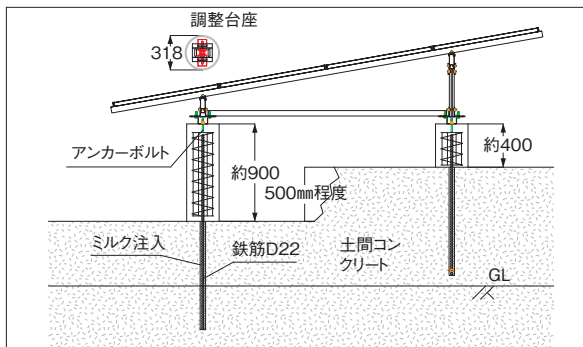


図5 土間コンを活かした基礎の構造

#### 4.3 強度に対する検討

グラウンドアンカーと同様に土間コンクリートとセメントミルクの付着力に関しては、現地試験を行い、その安全性を確認した。500mmの削孔にてセメントミルクと土間コンは20,000N以上の引抜強度があり、設計強度の4,517Nを大きく上回った。また、グラウンドアンカーと同様に、セメントミルクと鉄筋の付着力、鉄筋の降伏強度についても検証を行い、安全性を確認した。円柱型コンクリートに施した金属アンカーについても十分な引抜強度を確認した。

#### 4.4 施工方法

施工は円柱コンクリートの芯の位置と土間コンレベルを測量することから始めた。その芯を削岩機にて削孔し、鉄筋とセメントミルクを注入した。その後、VU300を土間コンレベルに合わせて切断し、ひび割れ防止のスパイラル鉄筋とともに設置した。そして、VU300へコンクリートを打設し、養生後金属アンカーと調整台座を設置した。



写真5 土間コンを活かした基礎

#### 4.5 まとめ

初めての形状の基礎で検討事項が多かったが、他の基礎に比べ、コストを抑えつつ、お客様のニーズにこたえられる基礎をつくることができた。

### 5 おわりに

本現場は社内でも過去最大の規模の工事であり、さまざまな問題があった。中でも、モジュール基礎工は地形等の外的要因の影響を大きく受け、後続する架台設置工、電気工事を遅れさせる可能性があった。そのため、確実で、早く、コストを抑えた新しい基礎を迅速に開発する必要があった。開発にはJIS、建築基準法、国交省等の資料を参考としたが、規定のない事項も多く、自ら安全性を確認する必要があった。今後もこのように品質、コスト、工期等を総合的にクリアできるような工法を開発し、お客さまに満足していただけるような工事をしていきたい。

以上

# 日本大学新学部校舎新築工事

## 1 はじめに

日本大学の創立125周年記念事業の一環として、世田谷区三軒茶屋の閑静な住宅街(生物資源科学部跡地)に新学部校舎が新築された。今回新設された学部は、スポーツ科学部と危機管理学部の二学部である。

スポーツ科学部では、国際的競技会で活躍できる優秀なスポーツ選手、及びその指導者の養成を目的としている。よって、大学構内には国際競技基準を満たしているアリーナ(体育館)やプール・器械体操場・柔道場・剣道場・流水プール・低酸素室・トレーニングルーム・座禅室、そして相撲場が備えられている。

危機管理学部という学部名は今まで聞いたことがない学部だが、自然災害・大規模事故・テロリズム・情報流出等、様々な危機から社会を守る為の方法や制度を研究し、危機管理のエキスパートの育成を目的としている。

また、別敷地に10万冊の図書を収納するお洒落な図書館棟も建設した。

## 2 建物概要

### 2.1 建物の概要

新学部校舎のイメージを図1に示す。図の右側の建物が新学部校舎、左下の建物が図書館棟である。断面図を図2に示す。また、建物概要を下記に記載する。



図1

建物名称	日本大学 三軒茶屋キャンパス
所在地	東京都世田谷区下馬3-34-1
建築主	学校法人日本大学

敷地面積	新学部棟：13,346.65m <sup>2</sup> 図書館棟：1,697.76m <sup>2</sup>
延床面積	新学部棟：41,811.25m <sup>2</sup> 図書館棟：3,157.89m <sup>2</sup>
構造	新学部棟：S造、一部SRC造 図書館棟：S造、一部RC造
階数	新学部棟：地下2階、地上8階 図書館棟：地下2階、地上3階
工期	平成25年12月～平成28年1月
設計	株式会社山下設計
監理	学校法人日本大学 工事監理課
施工会社	建築：清水建設株式会社 電気：株式会社トーエネック 設備：株式会社大気社

### 2.2 建物の特徴

新学部校舎は閑静な住宅街に建設したため、近隣への配慮から可能な限り地下階を広くし、地上部分をスッキリさせる設計で、延床面積41,811m<sup>2</sup>に対し、地下2階と地下1階だけで14,500m<sup>2</sup>(約35%)となっている。

また、災害時の近隣の一時退避場所として使用できるよう、食堂やホール・アリーナ(体育館)(写真1)・医務室・トイレ・廊下の電灯・コンセント及び食堂の冷蔵庫は、発電機電源を供給可能としている。(非常用発電機は72時間運転)外構エリアは常時近隣へ開放しており、災害時には各所へ設置してあるベンチ(図3)が炊き出し用のコンロとなり、災害時用トイレも多数設置している。



写真1

建物コンセプトとしては、国際相撲連盟副会長を務める日本大学の理事長の要望もあり、相撲の土俵(写真2)をイメージし、全体的に円型をモチーフした構造、意匠(写真3)となっている部分が多い。その影響もあり、電気設計図では直管型



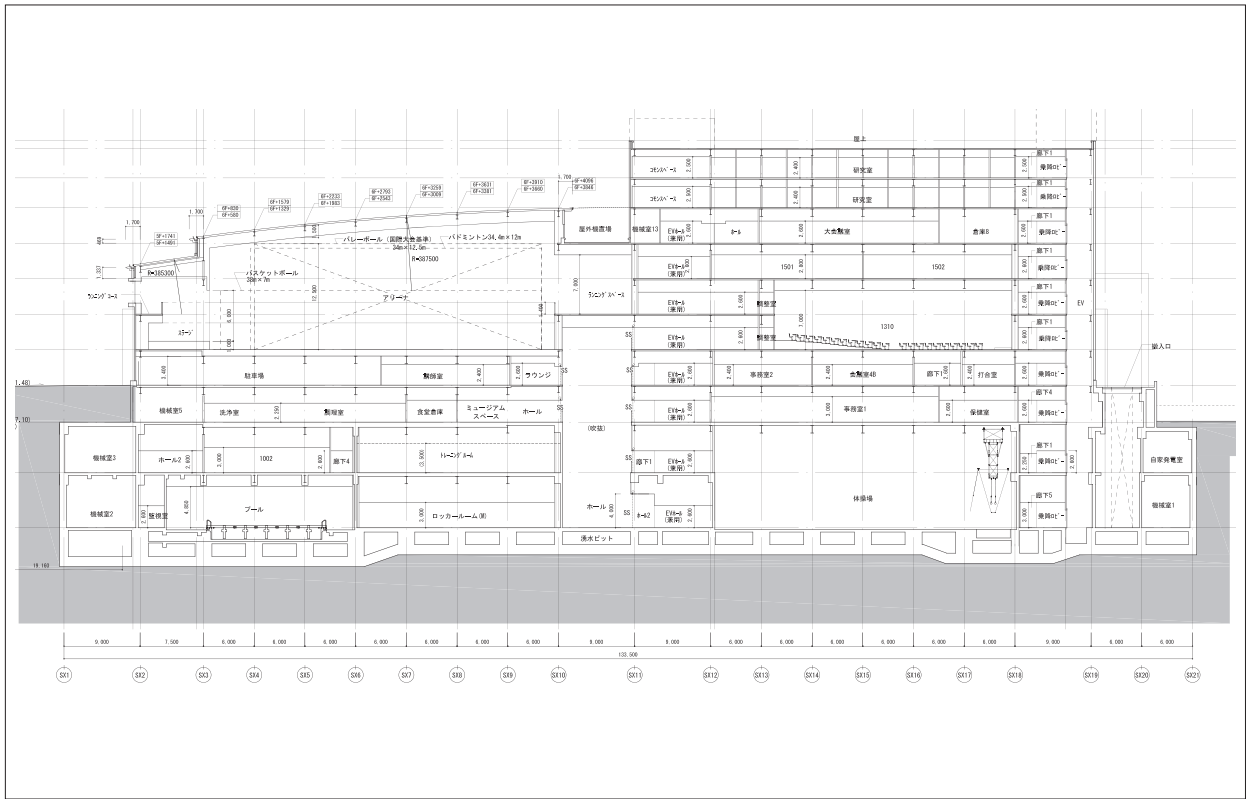


図2



図3



写真2



写真3



照明器具が多かったが、設計変更で可能な限り丸型ダウンライト器具へと変更となった。

また、御茶ノ水の有名なコンサートホールでもあった日本大学カザルスホールに設置してあったパイプオルガンをエントランスの吹抜け部分に移設し、学生達を迎えている。

### 3 電気設備の概要



写真4

主な電気設備の概要を下記に記載する。

- ・ 高圧受変電設備 (新学部校舎と図書館棟、各々に6kV 1回線受電)  
設備容量 1号館：5,650kVA,  
2号館：450kVA
- ・ 非常用発電機設備 長時間型ガスタービン発電機 (72時間運転)  
6kV 750kVA 1台、A重油 地下オイルタンク 25,000L
- ・ 太陽光発電設備 60kW (1号館 7階屋上に設置) (写真4)
- ・ 幹線、動力設備
- ・ 電灯、コンセント設備

照明器具は非常灯を除き光源は全てLEDとし、廊下やホールの共用部はスケジュール点灯と人感センサーによる点灯となっている。各教室の照明器具は昼光利用による調光制御を行い、建物全体で省エネ化を図っている。

また、3カ所ある吹抜けエリアにおいては、高天井用ダウンライトとブラケット器具を併用し、開放感のある空間を演出している。(写真5)

- ・ 自火報、防排煙設備
- ・ 弱電設備一式
- ・ 中央監視設備



写真5

- ・ 昇降機設備 新学部校舎：7台 (1台は非常用)、  
図書館棟：1台  
(自火報、弱電、中央監視設備は、新学部校舎と図書館棟を架空配線で連絡)

### 4 中央監視室 監視盤のこだわり

どの現場でも防災センターや中央監視室では、自火報受信機盤や非常放送ラック・監視カメラモニター盤を一行に並べた「総合盤」を盤メーカーにて製作することが多い。それは各メーカーが製作する盤をそのまま列盤にするとメーカー毎の特徴がある為、各所で細かいところで相違があり、一体感のない盤となるからである。

しかし今回は、メーカー毎に全て同じ仕様で製作した総合盤を紹介する。統一した仕様を下記に記載する。(図4、写真6)

- ① ハンドルの型番、設置高さ・盤端からの設置寸法 (40mm)
- ② 筐体と扉のチリ寸法 (3mm)
- ③ 扉コーナー角の曲げ半径 (R4mm)

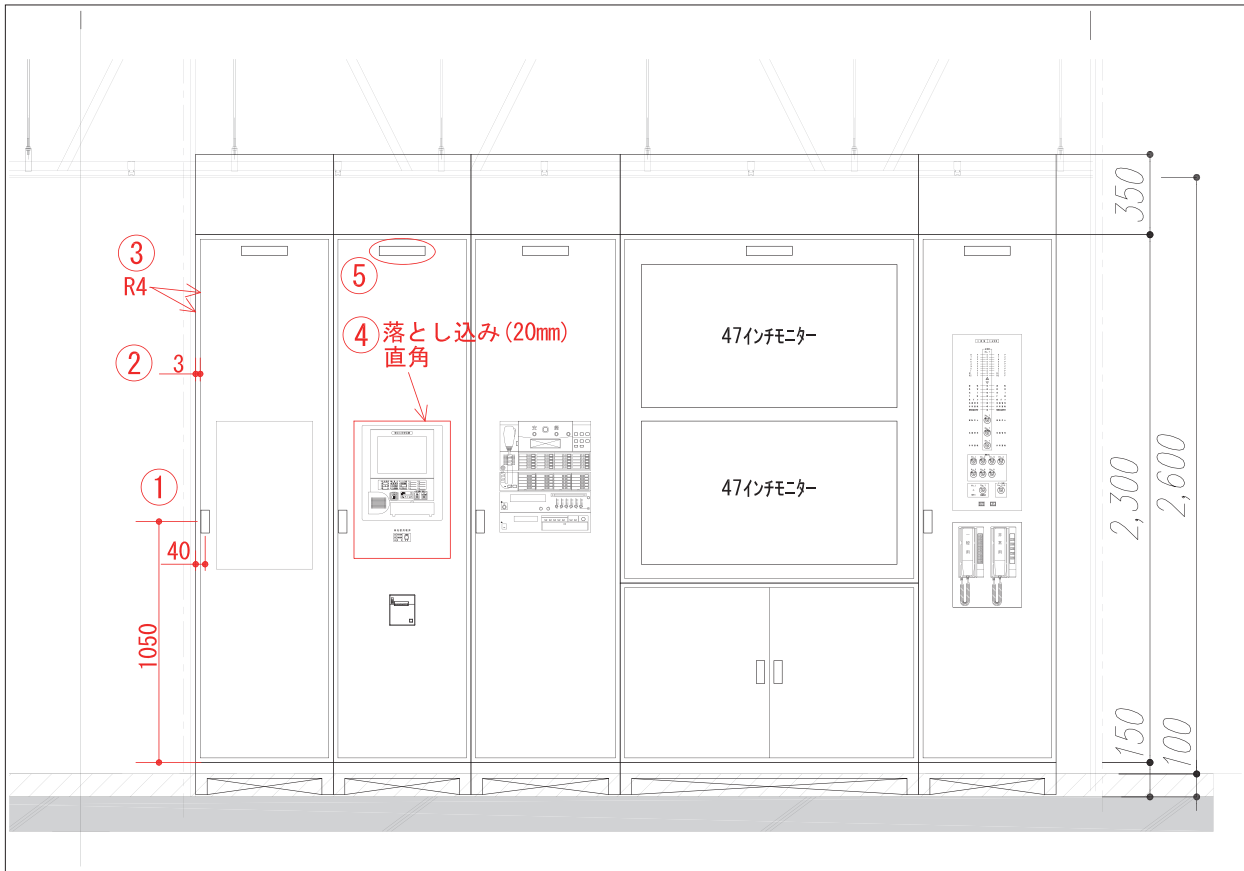


図4



写真6

- ④扉落とし込み寸法 (20mm)・角度は直角 (R無し)
  - ⑤盤銘版の大きさ、文字の大きさ・フォント
  - ⑥塗装色 (盤メーカーにて塗装色を調合し、各メーカーに支給)
  - ⑦ベース・盤間連結
- その他、監視モニター・キーボード・マウスも統一し、監視設備の統一性を図った。

## 5 おわりに

今年の4月、日本大学三軒茶屋キャンパスが無事に開校を迎えました。私がこの原稿を書いている今、リオデジャネイロオリンピックが開催されている。4年後は東京オリンピックが開催されるが、この三軒茶屋キャンパスからオリンピック選手が輩出され、活躍することを期待します。

最後に当物件を無事に完成させることができたのは、日本大学の関係者さまをはじめとして、設計・建築・設備工事関係者、並びに社内営業・設計積算・購買・工事部署の惜しみない御指導と御協力があつたからこそ成し得たことと思います。この誌面をお借りして御礼申し上げます。

# 技術研究開発部だより

## 技術研究開発部の研究開発テーマ

平成28年7月1日付けの組織改定に伴い、技術開発室は技術研究開発部へ名称を変更した。新たに“研究”を追加したことにより、社内外に対して技術についてより深く追及する姿勢を示した。

また同時に、社内での技術開発に関する位置づけを明確にするため、新たに技術研究開発規程を制定した。この規程において、当社の技術開発の目的を社業の伸長と社会への貢献と定めた。

技術研究開発部はこれからも長期的な視野を大切に、会社が継続して発展していき、総合設備工事業としての公益性と社会的責任を全うするために積極的に研究開発に取り組んでいく。

今年度の研究開発テーマは、平成25年度に技術開発委員会で作成した「全社技術開発の中長期ビ

ジョンおよび中長期計画」に基づき、表1に示す5つの技術分野にわたる20件の研究開発に取り組んでいる。

継続・発展するテーマについてはビジョンで示された方向性との整合について、再度見直して計画を行っている。

さらに、中長期計画に提示されているテーマから、技術の現状を把握し開発可能性を見出すための調査研究を中心として13件のテーマを新たに加えている。

個々の研究開発テーマでは、中長期ビジョンで示されたとおり「電力品質」「省エネ」「環境」分野の研究開発によりソリューション提案の幅を広げ、「保守点検」分野の研究開発によりメンテナンス事業に関する技術力強化を目標としている。

表1 平成28年度 技術研究開発部 研究開発テーマ

テーマの分野	平成28年度 研究開発テーマ	担当者
電力品質	進相コンデンサを活用した電力品質改善に関する研究	藤田、小林
設計	電気設備における接地方式に関する課題調査	山本
保守点検	低圧電動機固定子巻線の短絡スロット特定システムの開発	中村
	既存劣化診断技術の検証	大島
	Kinectセンサを用いた電気設備の状態可視化システムの開発	中村
	太陽光発電設備のメンテナンス用ドローンの開発	西戸、井上
	太陽光発電設備の異常診断精度向上に関する研究	井上、西戸
	対地静電容量測定装置の開発	山本
省エネ	コージェネおよび空調熱源システムの運用最適化に関する研究	千葉、棚橋
	マイクログリッドシステムの最適設計・運用ツールの開発	西戸、棚橋
	T-EMSの高機能化	高橋
	中小規模EMSの開発	高橋
	高機能化を目的としたMiELPLASの改良	古田
	ダイカスト工場におけるエネルギー最適化手法構築に関する研究	西村
	生産プロセス改善による省エネ化・生産効率化に関する調査 その4	眞玉橋
	空調異常検知システムの機能追加	成瀬
環境	独自オイルミスト除去手法開発に向けた検討	近田、成瀬
	排水系産業廃棄物の減容化技術の開発	加藤
	排水処理データグラフ化ソフトの開発	中井
	VOC対策技術の課題調査	加藤、中井





## 技術研究開発部の現業支援業務

技術研究開発部では、研究開発業務だけではなく、技術支援業務も行っている。目的は、現業部署の技術サポートと、お客さまの技術的信頼獲得である。

内容は、現業部署での提案・設計・施工・保守などの実務で生じた技術的な課題の解決であり、具体的な例は以下のとおりである。

### ・障害の原因調査と対策提案

漏電遮断器の不要動作、各種機器の動作不具合などの各種障害に対する、計測などによる原因調査、及び対策の提案

### ・お客さまへの技術提案

エネルギー遠隔監視システム、TLDシステム、MiELCASTなどの当社独自技術や、お客さまのニーズに応じた最適なシステムなどの提案

### ・技術計算を含む設計支援

太陽光発電システムの発電電力や建物影のシミュレーション、高調波流出電流計算など高度な技術計算

### ・新技術・新製品の調査

電気設備の劣化診断技術調査、省エネ機器の技術評価、各種規程・技術文献などの調査

### ・技術関連アドバイス

電気設備や空調設備などに関わる技術的なアドバイス

最近9年間の現業支援件数は図1のとおりであり、合計では329件の支援を行っている。また内容は図2のとおりであり、平成27年度には太陽光発電やエネルギー監視(見える化)に関する技術提案を多く行った。

以上

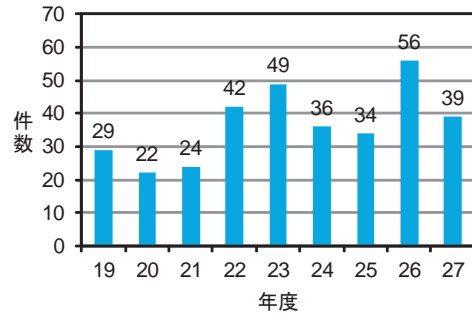


図1 最近9年間の現業支援件数

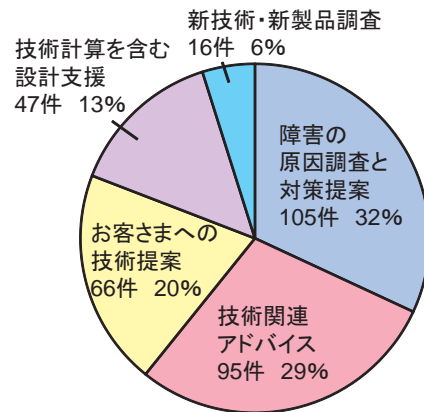


図2 最近9年間の現業支援内容

表2 技術支援内容と担当する研究員

技術支援の項目	担当する研究員
各種電気障害	小林、高橋、山本、西戸、大島
エネルギー遠隔監視システム	高橋、眞玉橋
TLDシステム、DGR	山本、西戸、大島
MiELCAST	水野、西村
電気技術計算、電気法規	小林、山本、西戸、藤田
空調全般、空調異常検知	中井、千葉、成瀬
省エネ対策、工場プロセス	水野、高橋、眞玉橋、西村、古田
太陽光発電	西戸、井上
高調波対策	小林、藤田
排水処理、有害物質処理、脱臭	加藤、近田

## 技術開発室成果報告会

平成27年度の成果報告会は、4月26日から28日にかけて、教育センター クリエイトホール ミーティングルームで開催された。

この報告会は、研究テーマ毎に研究成果を報告し、社内での情報共有を図ることを目的に開催しており、「電力品質」「保守管理」「省エネ」「環境」の分野で計21のテーマを報告した。3日間で延べ約35人の社員が聴講し、技術的な質疑から、経営に成果を活かすにはといった討議まで、たいへん充実した意見交換が行われた。

回を重ねるに従い、自部署に役立てることを念頭に参加する聴講者が増え、質疑が活発に発せられるようになってきている。開発担当者にとっても、貴重な意見やニーズを聞くことのできる場となっている。

研究件名と報告者

月 日	研究テーマ	報告者
4月26日(火)	進相コンデンサを活用した電力品質改善に関する研究	藤田 悠
	太陽光発電システムの点検作業効率化ツールの開発	井上 泰宏
	接地抵抗低減手法の調査	井上 泰宏
	既存劣化診断技術の検証	大島誠一郎
	漏電点およびケーブル探査装置の耐ノイズ性向上手法の調査	大島誠一郎
	非接地電路用常時絶縁監視装置の開発	山本 達也
	対地静電容量測定装置の開発	山本 達也
	低圧電動機固定子巻線の短絡スロット特定システムの開発	中村 久栄
	Kinectセンサを用いた電気設備の状態可視化システムの開発	中村 久栄
4月27日(水)	ダイカスト工場におけるエネルギー最適化手法構築に関する研究	西村 叔介
	樹脂成形工場におけるエネルギー最適化ツールの開発	古田 涼亮
	生産プロセス改善による省エネ化・生産効率化に関する調査 その3	眞玉橋剛志
	マイクログリッドシステムの調査	西戸 雄輝
	独自機能を備えたエネルギーマネジメントシステムの開発	高橋 和宏
	コージェネレーション設備の最適運用改善計算ソフトの開発	千葉 理恵 棚橋 優
4月28日(木)	ビル用マルチパッケージ型空調機の性能評価手法に関する研究	成瀬 仁
	金属加工工場におけるオイルミスト対策技術の調査	近田有希子
	生物学的排水処理システムの開発	近田有希子
	排水処理設備の計測診断手法に関する調査	中井 一夫
	排水系産業廃棄物の減容化技術の開発	加藤 勇治
	紫外線LEDを用いた殺菌・滅菌に関する調査	加藤 勇治



## 「学」との交流

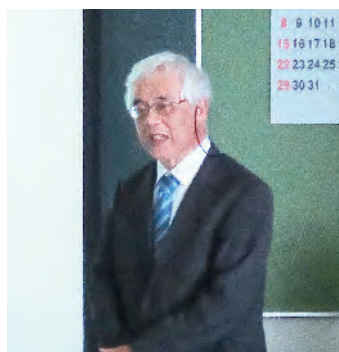
技術研究開発部が大学との共同研究を行った際、研究終了時に部署内で成果報告会を開催している。今年には岐阜大学の小林先生をはじめ3件について報告を受けた。

### 平成27年度 共同・委託研究一覧

技術開発室の研究開発件名	共同・委託研究先の先生
太陽光発電システムの点検データを用いた劣化・故障診断手法に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
旋回式クロスフローによる切削排液の高効率分離プロセス	岐阜大学 大学院工学研究科 環境エネルギーシステム専攻 小林 信介 准教授
コージェネレーションシステム運転の最適化手法の検討	愛知工業大学 工学部建築学科 河路 友也 教授
工場実排水を処理する酸素供給型DHSリアクターにおける処理性能向上に向けた運用改善	岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 角野 晴彦 准教授
進相コンデンサを用いた高圧配電システムの電圧不平衡抑制に関する開発研究	名古屋工業大学 電気電子工学科 青木 睦 准教授

### 平成28年度 共同・委託研究一覧

技術開発室の研究開発件名	共同・委託研究先の先生
太陽光発電設備の異常診断精度向上に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中三四郎 教授
進相コンデンサを用いた電圧不平衡抑制装置の開発および手法の最適化に関する研究	名古屋工業大学 電気電子工学科 青木 睦 准教授
旋回式クロスフローによる切削排液（スカム）の高効率分離プロセス	岐阜大学 大学院工学研究科 環境エネルギーシステム専攻 小林 信介 准教授
電動機の故障診断手法の研究開発	名古屋工業大学 大学院工学研究科 ながれ領域 水野 幸男 教授



名城大学 山中先生



岐阜大学 小林先生



名古屋工業大学 青木先生



## 第25回全社技術研究発表会

平成27年11月20日（金）に開催した全社技術研究発表会には、審査員として名城大学の山中三四郎教授、中部電力技術開発本部エネルギー応用研究所の植地修也所長をお招きし、聴講者数は全体で150名を超え、社外からも30名以上の来場者があり大盛況となった。

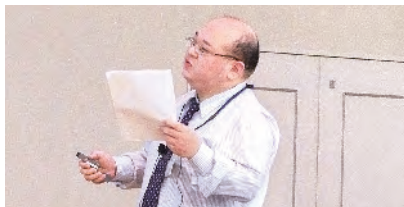
開会式では、久米社長から「お客さまが当社に期待することは、豊かな経験と自信に裏打ちされた最適な提案である。その期待に応えるために、各部門が互いに協力し、当社ならではの素晴らしい技術・成果を生みだしていただきたい」と挨拶があった。

発表の後、中部電力お客さま本部配電部業務グループの齊藤 肇グループ長が「電力システム改革について」というテーマで特別講演を行い、当社にも関わりが深い電力システム改革について、とてもわかりやすく講演していただいた。

例年、社員による技術研究発表に対しては、着眼点や有益性、プロセスなどを基準に、社外審査員を含めた5名により審査を行っている。今年下表に示す8件が発表され、最も優秀と評価された社長賞には、技術開発室研究開発グループ藤田 悠社員の「低コスト型自動力率調整装置の開発」が選ばれた。

研究テーマと発表者

発表件名	発表者	受賞名
金融機関本館ビルの受変電設備リニューアル事例	岡崎支店 営業部 営業グループ	吉沢 達也
太陽電池モジュールの屋根上点検カメラの開発	配電本部 市場開発部 太陽光発電グループ	尾崎 恭兵
クラウドBEMS「どこでも中央監視」	情報通信本部 ネットワークエンジニアリング部ソリューショングループ	斎藤 誠造 審査員賞
オンサイトEL測定法を用いた太陽電池モジュールの異常検出	技術開発室 研究開発グループ	井上 泰宏
屋外キュービクルの浸水不具合事例	大阪本部 営業部 工事グループ	西井 嘉文 審査員賞
通信用蓄電池の劣化診断・再生システムの開発について	情報通信本部 モバイルエンジニアリング部設計グループ	奥田 勇人
低コスト型自動力率調整装置の開発	技術開発室 研究開発グループ	藤田 悠 社長賞
機動力による支線引抜き工法の開発	配電本部 配電統括部 技術グループ	野崎雄一郎 奨励賞



## 社外講師・セミナー講師

演 題	担当者所属	講 師	講演先・日付
愛知県建設業協会会員による実践報告① 「太陽光発電を安全・安心に使うために」	技術開発室 研究開発グループ	西戸 雄輝	持続可能な明日を考えるシンポジウム 「いのちつながる まちづくり・担い手づくり子どもたちと建設業界の環境活動実践報告会」 平成27年11月26日
負荷計算プログラム(MicroHasp/TES)の解説	技術開発室 研究開発グループ	千葉 理恵	一般財団法人 ヒートポンプ・蓄熱センター 「蓄熱技術研修会 (④-2水蓄熱・プログラム演習コース)」 平成27年12月2日
株式会社トーエネックの環境分野への取組み	技術開発室 研究開発グループ	加藤 勇治	化学工学会産学官連携センター グローバルテクノロジー委員会 平成28年度第2回委員会 平成28年6月8日
太陽光発電のO&Mの現状について O&Mビジネスの事例紹介【1】 ～太陽光発電設備のメンテナンス手法の開発～	技術開発室 研究開発グループ	西戸 雄輝	PV Japan 2016 メインステージセミナー 平成28年6月29日
電気電子工学概論「電力業界と電気電子工学」	技術研究開発部 研究開発グループ	伊藤 公一	名城大学 (非常勤講師) 平成28年7月4日
需要家サイドの省エネルギー技術	技術研究開発部 研究開発グループ	小林 浩	名古屋大学未来材料・システム研究所 エネルギーシステム寄附研究部門 第5回エネルギーシステムシンポジウム 「革新的省エネに貢献するスマートグリッド技術」 平成28年7月14日
スマートパワーシステム事例解説Ⅳ	技術研究開発部 研究開発グループ	小林 浩	名古屋工業大学 (非常勤講師) 平成28年7月20日
電気電子ゼミナールⅡ	技術研究開発部 研究開発グループ	伊藤 公一	名城大学 (非常勤講師) 平成28年9月28日





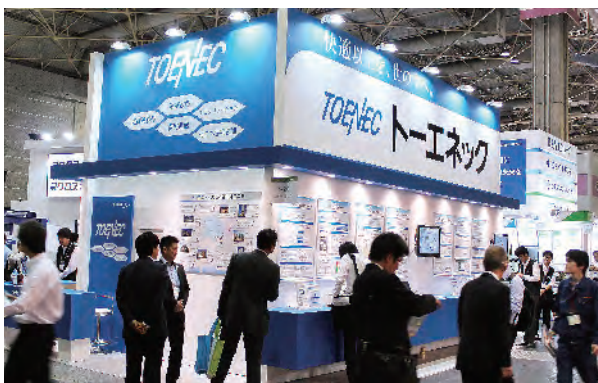
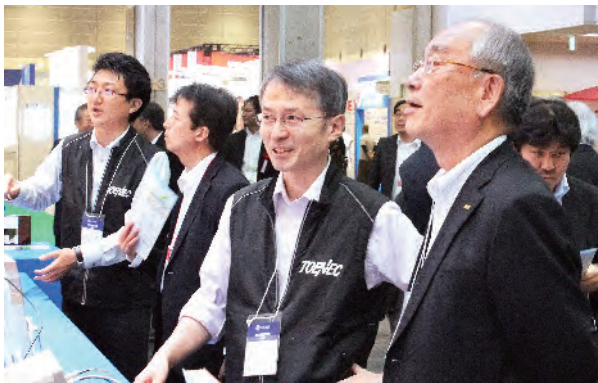
## JECA FAIR 2016 ～第64回 電設工業展～

当社は、インテックス大阪で5月25日から27日に開催されたJECA FAIR 2016に出展した。出展製品・サービスの特徴や用途により、展示ブースを【減らす技術】【守る技術】【活かす技術】の3つにゾーン分けをし、来場者にわかりやすい展示とするとともに、大阪本部の施工実績紹介コーナーを設けた。

展示会には3日間で約10万人の来場者があり、広く当社のPRを行うことができた。

技術開発室は、【減らす技術】ゾーンで、「力率推定型自動力率調整装置 “SmartAPFC”」「鋳造工場向け省エネシステム “MiELCAST”」「ダイカスト工場向け省エネシステム “MiELDieCAST”」「樹脂成型工場向け省エネシステム “MiELPLAS”」「当社独自開発中央監視制御システム “ToEMS”」、【守る技術】ゾーンで、「太陽光発電設備の遠隔監視&現地診断サービス」「電動機の短絡コイル挿入スロット特定システム（仮称）」「TLDシステム」「低圧電路用地絡方向継電器」といった、極めて実用性の高い開発成果を展示、解説し、来場者との意見交換を行った。

また、各研究員は他社の展示を見学し、電設業界の技術動向、同業他社の開発状況などの情報を収集した。





## 第4回 関西 太陽光発電システム施工展 ～関西 スマートエネルギー Week 2016～

当社は、インテックス大阪で9月7日から9日に開催された「太陽光発電システム施工展」に出展した。本展示会は「関西 スマートエネルギー Week 2016」内で開催され、太陽光発電関連の展示会としては国内最大の展示会である。

当社ブースでは、技術研究開発部が「太陽光発電設備の遠隔監視&現地診断サービス」「オンサイトEL測定サービス」を出展、地中線部が「FXT鋼管基礎」を出展した。展示会には3日間で約2万人の来場者があり、関西圏で太陽光発電関連のPRを行った。



## 第34回電気設備学会全国大会に参加して

### 1 はじめに

平成28年9月6日と7日の2日間にわたり、第34回電気設備学会全国大会が岡山大学で開催された。今年度の一般講演の発表件数は198件であり、昨年度(216件)と比べて若干減少した。一方、開会式での発表によると、初日の聴講者数は昨年度を上回っており、聴講の面では大変盛況であったようである。

中でも聴講者が多く人気の高い技術分野は、今年度もエネルギー分野と雷・接地・EMC/EMI・高調波分野であった。特に、エネルギー分野は、長期エネルギー需給見通しの策定、COP21におけるパリ協定の合意に基づく批准への動き、電力小売りの全面自由化など、我が国において大変大きな動きがあることから、研究においても大変活発になっているように感じている。

本稿では、筆者が聴講した一般講演の一部の内容について紹介する。なお、プログラムの概要については、電気設備学会学会誌2016 NO.8目次4頁または電気設備学会ホームページを参照願いたい。

### 2 主な一般講演の聴講内容

#### (1) 「中小規模オフィスビルにおけるスマートエネルギービルに関する研究(その1) 電気設備に関する導入技術とコンセプト」〔計画・基礎・材料・工具分野〕

発表者：ダイダン(株) 田上 敬祐 氏  
(発表概要)

ZEB (Net Zero Energy Building) を目指した中小規模オフィスビルへの導入技術とコンセプトに関する報告である。導入技術は、太陽光発電(PV)と蓄電池(ESS)、自然採光と照明の調光制御、タスクアンビエント照明、パーソナル空調、自社開発製品である照明・空調・火災感知器・非常照明を一体化した「CEILING FREE」などである。配電系統は、交流系統と直流系統に分けられており、直流系統には、DC380Vの照明器具、DC24Vのパーソナル空調設備が接続されている。PVとESSは、買電を最小とするように制御され

ており、天気予報、設備情報、在室人数などから簡易に発電電力量や需要電力量を予測し、蓄電池残容量(SOC)を加味して翌日の充放電スケジュールを決定している。BELS(建築物省エネルギー性能表示制度)では星5つ、CASBEE(建築環境総合評価制度)ではAランクの評価を得た。

#### (筆者の感想)

長期エネルギー需給見通しにおけるエネルギー削減目標を達成するために、今後、ZEBの導入は進むと考えられる。ZEBを実現するためには、PVとESS、そして本報告にはないコージェネを含めたマイクログリッドをEMSによっていかに効率的に制御するかが鍵となる。当社においても今後、積極的に研究開発を進めていきたい。なお、本報告における直流系統の導入については、現時点において慎重な検討が必要と考える。直流系統導入のメリットは、インバータやコンバータなどの電力変換器の数を減らすことで損失を低減することにある。本報告では、DC380VとDC24Vの負荷を使用しているが、配電系統と異なる電圧の負荷を使用するとDC/DCコンバータが必要となり、損失が増えることになる。直流系統を普及させるためには、電圧の統一化などの標準化を行うことが重要と考える。

#### (2) 「周波数解析を用いたPV及びESSの最適導入手量に関する検討」〔エネルギー分野〕

発表者：大阪府立大学 高山 聡志 氏

#### (発表概要)

オフィスビル等への最適なPV及びESS導入量に関する検討結果の報告である。ESSとして、NAS電池のような長周期変動補償に適するもの(長周期電池)とリチウムイオン電池のような短周期変動補償に適するもの(短周期電池)を2種類導入する場合を想定し、現時点で高価な短周期電池の容量を最小化することを検討する。

その手法は、まず、一日の負荷曲線からPV発電電力を差し引き、この波形に対して離散フーリエ変換を行う。そして、振幅の多い周波数成分を中心に削減することを考える。次に、各周波数における削減分を逆フーリエ変換することでESSによる充放電電力波形を求め、この波形から長周期



電池の充放電パターンを求める。そして、これを最大化し、元の波形から差し引くことで短周期電池の充放電パターンを求めている。このような計算を、PV容量をパラメータとして行うことで、PV容量に対する最適な長周期電池、短周期電池の容量を決定する。

#### (筆者の感想)

FIT(固定価格買取制度)におけるPV発電電力の買取価格が年々低下しており、近い将来、高圧需要家の買取価格を下回る可能性がある。その頃から、高圧需要家においては、PVと蓄電池を併用した自家消費システムが増加する可能性があり、蓄電池の最適な容量設計が重要になってくる。本報告は、周波数特性(充放電特性)の異なるESSの最適容量を決定する方法の提案であり、大変有用な方法と考える。当社においても、今後の参考にしたい。

### (3)「蓄電装置の設備容量削減を目的としたマイクログリッドの制御」〔エネルギー分野〕

発表者：清水建設(株) 杉本 貴之 氏

#### (発表概要)

リチウムイオンキャパシタ(LIC)とガスエンジン(GE)で構成されるマイクログリッドにおいて、高価なLICの容量を低減するための制御方法を提案する。

例えば、400kWの大容量負荷が立ち上がる際、その時点でGEの運転を開始すると、出力が400kWに達するまでに時間遅れが生じ、その間にシステムの周波数が低下する恐れがある。これを防止するために、これまではGEの運転開始とともに、立ち上がり時間の短いLICを放電させ、不足分の電力を賄っていた。この時のLIC出力は400kWとなる。

これに対し本提案の制御方法は、400kWの負荷が立ち上がる前にGEの運転を開始し、LICに充電を行う。そして、GEの出力が200kWに達した時点で400kWの負荷を立ち上げ、同時にLICを放電モードに切り替える。これにより、負荷は、GEの出力である200kWとLICの出力である200kWで賄うことができる。そこからGEが徐々に出力をあげ、それに伴いLICの出力は低下する。そして、GEの出力が400kWに達した時点でLICの出力は0となる。このような制御により、LICの出力は200kWとなり、上述の方法に比べて1/2の容量となる。

#### (筆者の感想)

大容量負荷を立ち上げる時間があらかじめ分かっている場合に有効な制御方法であり、これにより高価な蓄電池の容量を低減できる。今後の参考としたい。

### (4)「大規模研究施設におけるスマートエネルギーシステム—その6 電力需給管理の実績—」〔エネルギー分野〕

発表者：(株)大林組 小山 岳登 氏

#### (発表概要)

自社研究施設において、スマートエネルギーシステムを構築した。システム構成は、PV820kW、 $\mu$ コンバインド発電457kW(ガスエンジン+バイナリー発電によるコンバインド発電)、レドックスフロー(RF)電池500kW $\times$ 6h、であり、これらをEMSにより目標電力一定制御を行っている。EMSでは、最適運転制御を行っており、コスト、CO<sub>2</sub>、消費エネルギーを最小化するアルゴリズムを構築している。本システムを導入したことにより、導入前と比べて契約電力を32%低減し、電力平準化とエネルギーコストの削減を行うことができた。

#### (筆者の感想)

本報告では詳しい説明はなかったが、システムの特徴として、ガスエンジンの排熱をバイナリー発電により電力に変換している点が興味深い。温水排熱の利用が困難であったことが採用理由ということであった。EMSについても詳しい説明はなかったが、PV及び負荷電力を、年間、10日先、48時間先、30分先と予測を行い、最適化演算を行っているようであった。ここでも、EMSは、複雑な電源システムを最適に制御する大変重要な技術となっている。

### (5)「大規模研究施設におけるスマートエネルギーシステム—その7 地域デマンドレスポンス機能の詳細と実績—」〔エネルギー分野〕

発表者：(株)大林組 畑中 裕紀 氏

#### (発表概要)

上記発表の続報である。ここでは、地域デマンドレスポンス(DR)機能の検証結果について報告している。

DR信号は、電気事業者からアグリゲータを経由して、本施設に送信されることを想定している。DRを行う時間帯は、電力負荷が大きくなる朝(9:



00～11:00) と夕方 (17:00～19:00) とし、ネガワット (削減電力) 量は、200kWと400kWとした。

検証試験は、DR予告を前日 (16:00まで) に受けた場合と1時間前に受けた場合で行った。その結果、DR予告が前日の場合で、かつネガワット量が200kWの場合は蓄電池の放電によって対応され、400kWの場合はさらに発電機が起動して対応されることを確認した。また、1時間前予告の場合は、蓄電池のSOCが不足していることがあったが、発電機が起動して対応できることを確認した。なお、朝の場合は、PV発電量も若干加わっていた。

さらに、1時間前予告の場合で、かつSOCが不足している状態の時に400kWのネガワット量を要求された場合には、発電機のみでは対応できず、構内DRが発動し、予め定められた負荷が遮断されることを確認した。

#### (筆者の感想)

本報告は、自動DRに関するものである。本報告により、DR発動時に確実にネガワット量を確保するためには、様々なDRの予告のタイミング、またその時の負荷やSOCの状況を想定し、制御フローを定めておく必要があることが分かった。今後の参考にしたい。

### (6) 「大規模研究施設におけるスマートエネルギーシステム—その8 分散型電源の自動制御による自立運転試験—」(エネルギー分野)

発表者：(株)大林組 藤田 尚志 氏

#### (発表概要)

上記発表の続報である。ここでは、分散型電源の自立運転試験の結果について報告している。

自立運転時には、まず、RF電池が電圧源として立ち上がる。その後、PV、 $\mu$ コンバインド発電が連系される。このような順序で立ち上げることで、RF電池は、余剰電力が生じる場合は充電、不足電力が生じる場合は放電と自動的に切り替わる。また、負荷急変時は、RF電池が充放電を行うことで、 $\mu$ コンバインド発電の出力応答の遅れが補われ、システムの周波数変動が抑制される。

この他、停電発生時、自立運転立ち上げ時、復電時、負荷変動時などにおける電源品質を確認したが、電圧や周波数の変動は小さく、また、自立運転時における高調波電圧も小さいことを確認した。

#### (筆者の感想)

自立運転を回転機系発電機のみで行う場合、負荷急変時において周波数変動が問題となる。本システムでは、RF電池によってこの問題を解決している。自立運転を行うBCP対応システムにおいて、蓄電池は負荷平準化の機能のみでなく、電力品質の安定においても有効となることがわかった。マイクログリッド設計における重要な視点と考える。

### (7) 「太陽光発電向け直流アーク検知の高精度化」(エネルギー分野)

発表者：三菱電機(株) 金丸 誠 氏

#### (発表概要)

PVにおける直流回路では、施工ミス等による接続不良部分からアークが発生する場合がある。直流回路では、交流回路のように電流がゼロになることがないため、アークが継続し火災に至る危険性が高い。今回は、配線の途中で接続不良が生じた場合を想定した直列アークの検出方法を提案する。

PVの直流回路には、平常時にPCS (パワーコンディショナ) のノイズが重畳している。直列アークが発生した場合、電流波形には、さらにアーク発生に伴うノイズが重畳する。測定の結果、PCSのノイズレベルは、アークのノイズレベルよりかなり高いことがわかった。そこで、このレベル差を利用してアークノイズの判別を試みた。具体的には、アークが生じている時の電流波形に対してフーリエ変換を行い、各周波数成分の電流に対し、振幅の低いものから順にソート処理を行った。この処理により、PCSノイズとアークノイズを振幅の違いを利用して切り分けることが可能となった。

さらに、アークが発生したストリングを特定することを検討した。アークが発生したストリングでは、アークによる抵抗により電流が減少し、回路電圧も減少する。一方、アークが発生していないストリングでは、回路電圧が減少することで逆に電流は増加する。この違いを利用して特定する。

#### (筆者の感想)

本報告にあるように、PVの直流回路でアーク故障が発生した場合には、火災に至る危険性がある。本研究は、アーク故障の検出のみでなく、発生箇所も特定できることから大変有用である。

ただし、当日の質問にあったように、ストリングの数が多くなった場合には回路電圧があまり減少せず、回路特定が困難になる可能性がある。また、

PCSのノイズが高いことを前提としているが、PCSにノイズフィルタが装着され、ノイズレベルが低減された場合の検証はされていない。したがって、実用化には、さらなる検証が必要と考える。

#### (8) 「スマートエネルギーシステムにおける太陽光発電の予測と実績－その2 予測手法の違いによる実績との相関－」【エネルギー分野】

発表者：(株)大林組 小関 由明 氏

##### (発表概要)

スマートエネルギーシステムを効率的に運用するためには、PVの発電電力量を精度よく予測し、これを最大限活用するように電源システムを制御する必要がある。本報告では、PVの発電電力量を2つの方法で予測し、その精度を比較した。

予測手法の一つは、「天気・発電係数法」である。この方法は、快晴時における水平面全天日射量を計算で求め、これに天気予報に基づいて決定した天気係数と、さらに発電係数を乗じることでPV発電電力量を予測する。もう一つの手法は、過去の天気実績情報とPV発電量の実績データから、機械学習によって求めた予測式により予測を行う「機械学習法」である。

2つの方法によって予測した結果、両者とも、終日晴天または雨天の場合は、精度よく予測できるが、天気に移り変わる日は誤差が大きくなることがわかった。また、天気予報が外れた場合は、大きな誤差となる。両者を比較した場合は、機械学習法のほうが、若干精度がよくなることがわかった。

##### (筆者の感想)

マイクログリッドを効率的に運用するためには、PVの発電量を精度よく予測することが必要である。本報告では、機械学習法の精度が高いということであったが、この方法は当該発電所における過去の蓄積データが必要となる。したがって、状況に応じて使い分けることが必要と考える。

#### (9) 「昼夜を問わない太陽電池ストリングのバイパスダイオード開放故障検出」【エネルギー分野】

発表者：(株)日置電機 樋口 昌男 氏

##### (発表概要)

太陽電池には、影などで部分的に発電できなくなった場合の安全確保のためにバイパスダイオード(BPD)が取り付けられている。本報告は、このBPDが開放故障した場合の検出方法に関する

ものである。

検出原理は、検出装置に搭載する電池からコンデンサに充電した後、回路を切り替え、太陽電池にコンデンサから電流を供給する。短絡電流以上の電流を太陽電池に流すことで、BPDが正常な場合はBPDに電流が流れる。BPDが開放故障している場合は電流が短絡電流以上流れないため、この違いによりBPDの開放故障を特定することができる。実験により検証した結果、良好な結果が得られた。

なお、この原理を利用して、BPDを経由した回路全体の抵抗を測定することもできる。これにより、BPDの抵抗値の増加やコネクタ等の接続不良なども検出可能と考えている。

##### (筆者の感想)

BPDが開放故障している時に、その場所の太陽電池セルに影が生じた場合、セルが発熱し火災に至る危険性がある。したがって、BPDの開放故障を早期に特定することは大変重要である。本研究成果が早く実用化されることを期待したい。

コンデンサから供給される電流は、立ち上がり時間が短い。このような電流をBPDに流すと故障する可能性もあるため、立ち上がりを緩やかにする工夫が必要と考える。

#### (10) 「ドローンを利用したPVモジュールの不具合調査」【エネルギー分野】

発表者：(株)九電工 松原 克己 氏

##### (発表概要)

赤外線カメラをドローンに搭載し、PVモジュールの不具合を効率的に発見する方法について検証を行った。

その結果、インターコネクタ断線、ガラス破損、セルの発熱、ストリング回路開放を特定することができた。作業時間は、1.3MWで約18分(1フライト)、作業人員は2人を要した。ドローンは、予め飛行ルートを作成し、自律走行を行った。

##### (筆者の感想)

基本的に赤外線カメラによる不具合調査は、発熱を伴う不具合のみを検出できる。ガラス破損が検出できることは以外であったが、これは発熱ではなく、ガラスの破損によって光の反射が変化することによると推測されていた。

当社が開発したオンサイトEL測定法によれば、より多様な不具合を発見することができる。

### (11) 「高圧地絡現象の零相電圧微分による構内外方向判別」〔雷・接地・EMC/EMI・高調波分野〕

発表者：(一社) 関西電気保安協会 井上 義和 氏  
(発表概要)

一般的に、高圧系統で地絡事故が発生した場合、地絡方向継電器によって地絡発生時の構内外方向判別を行い、構内で地絡が発生した場合のみ電路を遮断している。しかし、高圧系統における地絡電流波形には、急峻なパルス波形を示すものが多く存在しており、この場合の方向判別は困難である。そこで、新たな方向判別原理を提案する。

この原理は、基本的に現行の地絡方向判別法と同様に、零相電圧に対する地絡電流の向き（位相）によって判別するものであるが、この原理を瞬時値において適用できるようにしたものである。具体的には零相電流 $I_0$ を零相電圧の時間変化分 $\Delta V_0$ で除し、その値の正負の符号によって方向判別を行う。この原理を過去に計測した様々な地絡電流波形に適用したところ、量子誤差による誤判定が若干生じたものの、ほぼ正しく判別でき実用可能であることを確認した。

#### (筆者の感想)

高圧系統の地絡方向継電器の信頼性を高める大変画期的な原理であるが、原理を説明するための等価回路を見ると、電路のインピーダンスとして対地静電容量のみを模擬している。つまり、この原理は、零相電圧と零相電流の位相が $90^\circ$ である場合に成立するものと考えられる。しかし、実際には対地静電容量と並列に絶縁抵抗が存在するため、位相は $90^\circ$ より小さくなる。この影響により方向判別が困難になる可能性もあると考えられるため、さらなる検証が必要と考える。

### (12) 「狭小地向け接地抵抗値計測方法の提案」〔雷・接地・EMC/EMI・高調波分野〕

発表者：河村電器産業(株) 大島 正稔 氏  
(発表概要)

接地抵抗を3電極法で測定する場合、被測定接地極から10mほど離して電圧補助極を、さらに10mほど離して電流補助極を設ける必要がある。しかし、住宅において接地抵抗を測定する場合、敷地が狭いためこのような測定は困難な場合が多い。また、被測定接地極に建物の基礎を使用する場合、補助極までの離隔距離をさらに大きくすることが

必要となり、測定は極めて困難になる。そこで、狭小地において接地抵抗を測定する方法を検討した。

その原理は、同じ形状の補助極を2本用意し、大地に打ち込む。そして、その間に電圧を印加して電流を流し、その電圧と電流から抵抗値を求め、その1/2を補助極の接地抵抗とする。次に、この接地抵抗が既知となった補助極と被測定接地極間において、同様の測定を行うことで、被測定接地極の接地抵抗を求める。

実験により検証を行った結果、模擬抵抗を使用した実験では精度よく測定することができたが、実際の接地極を使用する実験ではかなり大きな誤差が生じた。この原因は今後検討する。

#### (筆者の感想)

住宅に限らず、建物基礎を接地極の代用とする場合の接地抵抗測定は、補助極を遠方に設ける必要があり大変困難である。したがって、この課題に取り組むことは大変有意義である。

本提案は、はじめに2本の補助極の接地抵抗を求めるが、両接地抵抗値が同じ値になることを前提としている。しかし、接地抵抗は電極の形状が同じであっても、電極と土壌のなじみ（接触状態）によって大きく変化することが想定される。したがって、この差はそのまま誤差になると考えられる。また、被測定接地極と補助極の離隔距離を小さくするため、測定電流を10mAと小さくしている。これについては、狙い通りに両接地極間に電位干渉がないかを確認する必要があると考える。

## 3 おわりに

本稿では、第34回電気設備学会全国大会において筆者が聴講した一般講演の内容の一部を紹介した。

今回の大会も大変有用で貴重な講演が多いと感じた。今後の研究の参考としたい。

本大会では、様々な障害事例やその対策方法、新製品から施工に至る幅広い技術の紹介など、内線技術者にとって大変有用な内容が報告される。当社の技術者も積極的にこれに参加し、情報収集を行うとともに技術者同士の交流を深め、互いに切磋琢磨すべきと考える。

本稿により、電気設備学会への関心が高まるとともに全国大会への発表者・聴講者が増え、当社の技術力のさらなる向上につながれば幸いである。

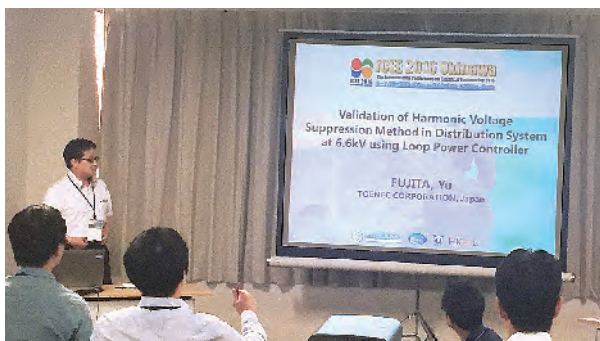


# 学会・雑誌等への発表・投稿

件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
定期点検データを用いた安全性と経済性を考慮した保全費推定手法	○大島誠一郎、小林 浩(技術開発室)	平成27年 電気学会 スマートファシリティ研究会 2015.10
補正%電力量を用いたモニタリングに関する研究	○加藤将紘、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成27年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会 合同研究発表会 2015.11
区間推定法を用いたPVアレイの不具合判定に関する研究	○石戸谷有我、神谷菜月、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成27年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会 合同研究発表会 2015.11
区間推定法を用いたPVモジュールの不具合判定に関する基礎的考察	○神谷菜月、石戸谷有我、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成27年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会 合同研究発表会 2015.11
PVSのための簡易診断装置開発 ～%電力量を指標とした診断法(その3)～	○中村匠汰、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成27年度 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会 合同研究発表会 2015.11
電気設備のLCCO2、LCC評価手法とケーススタディ	小林 浩(技術開発室)	技術雑誌 スマートグリッド 2016年1月号
磁界変化に着目した短絡診断装置の開発	○中村久栄(技術開発室)	電気学会 計測、光応用・視覚 合同研究会 2016.2
シミュレーションを活用した運用段階のエネルギーマネージメント手法に関する研究 病院における水蓄熱システムの運用改善検討	○千葉理恵(技術開発室)、 田中英紀、奥宮正哉(名古屋大学)	平成27年度 空気調和・衛生工学会中部支部講演会 2016.3
旋回式クロスフロー分離技術を用いたO/Wエマルジョンの分離の最適化	○森 崇弘、小林信介、板谷義紀(岐阜大学)、 加藤勇治(技術開発室)	平成27年度 化学工学会 第81年会 2016.3
Hi-DHS(High DO Down-flow Hanging Sponge) リアクターによる実豆腐工場排水の長期連続処理と汚泥性状	○石原優磨、竹中拓哉、 角野晴彦(岐阜工業高等専門学校)、 近田有希子(技術開発室)、 珠坪一晃(国立環境研究所)	平成27年度 土木学会中部支部研究発表会 2016.3
%電力量のモニタリング精度向上に関する検討	○加藤将紘、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成28年 電気学会全国大会 2016.3
区間推定法を用いたPVモジュールの不具合判定に関する基礎的考察(その2)	○神谷菜月、石戸谷有我、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成28年 電気学会全国大会 2016.3
PVSのための簡易診断装置開発 ～%電力量を指標とした診断法(その4)～	○中村匠汰、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術開発室)	平成28年 電気学会全国大会 2016.3
アセットマネジメントを活用した需要設備の保全高度化	○小林 浩、大島誠一郎(技術開発室)	平成28年 電気学会全国大会 2016.3
電動機固定子巻線における短絡診断装置の開発とその検証	○中村久栄(技術開発室)	平成28年 電気学会全国大会 2016.3
磁界計測による電動機固定子巻線の短絡診断装置の開発	○中村久栄(技術開発室)	第60回 システム制御情報学会研究発表講演会 2016.5

件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
Validation of Harmonic Voltage Suppression Method in Distribution System at 6.6kV using Loop Power Controller	○Yu Fujita, Hiroshi Kobayashi(R&D Division)、 Mutumi Aoki(Nagoya Institute of Technology)	ICEE 2016 Okinawa 2016.7
総合エネルギーシミュレーションを用いた中規模ビルにおけるピークカット用蓄電池容量の検討	○小林 浩(技術研究開発部)、 滝澤 総、二宮博史(日建設計)、 柳原隆司(東京電機大学)、 村上周三(建築環境・省エネルギー機構)	平成28年 電気学会 産業応用 部門大会 2016.8
FFを用いたPVシステムの不具合判定に関する研究	○石戸谷有我、神谷菜月、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年 電気設備学会全国 大会 2016.9
小容量キュービクル式受電設備の設置状況調査	○小林 浩(技術研究開発部)、 梅村正人(中部電気保安協会)、 三輪拓朗、山口幸利(中部電力) 飯塚和夫(電気設備学会)、松村年郎(名古屋大学)	平成28年 電気設備学会全国 大会 2016.9
コージェネレーションシステムの運用最適化に関する研究 ー某総合病院における発電機台数制御の検討ー	○棚橋 優、千葉理恵(技術研究開発部) 西脇 修(エネルギー事業部)	平成28年 電気設備学会全国 大会 2016.9
樹脂成形工場におけるエネルギー最適化システムの開発	○古田涼亮、水野 誠(技術研究開発部)	平成28年 電気設備学会全国 大会 2016.9
進相コンデンサを用いた電圧不平衡抑制装置の設置条件に関する検討	○藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、 猪飼千真、青木 睦(名古屋工業大学)、 小栗美香、山田琢寛(中部電力)	平成28年 電気設備学会全国 大会 2016.9
進相コンデンサを用いた電圧不平衡抑制装置による分岐のある系統の電圧不平衡抑制方法の検討	○猪飼千真、青木 睦(名古屋工業大学)、 藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、 小栗美香、山田琢寛(中部電力)	平成28年 電気設備学会全国 大会 2016.9
重回帰分析を用いた%電力量による太陽電池の出力判定の検討	○肱黒晃二、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年 電気学会 電力・エ ネルギー部門大会 2016.9
セルの発熱とI-V特性	○高羽晃平、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年 電気学会 電力・エ ネルギー部門大会 2016.9
分散電源大量導入時に必要とされる無効電力制御技術	○小林 浩(技術研究開発部)、 太田拓弥(山洋電気)、森田祐志(きんでん)	平成28年 電気学会 電力・エ ネルギー部門大会 2016.9
配電線インピーダンス推定機能を実装した単相SCによる電圧不平衡抑制装置の動作検証	○猪飼千真、青木 睦(名古屋工業大学)、 藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、 小栗美香、山田琢寛(中部電力)	平成28年 電気学会 電力・エ ネルギー部門大会 2016.9
重回帰分析を用いた%電力量と補正%電力量の比較	○加藤将紘、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2016.9
%電力量によるPVアレイの出力判定の検討 ーモジュール温度の推定が%電力量に与える影響ー	○肱黒晃二、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2016.9
PVモジュールのセルの発熱とセルの短絡電流	○高羽晃平、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2016.9
重回帰分析を用いた各種PVモジュールのFFの比較	○神谷菜月、石戸谷有我、山中三四郎(名城大学)、 井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報 関係学会 東海支部連合大会 2016.9

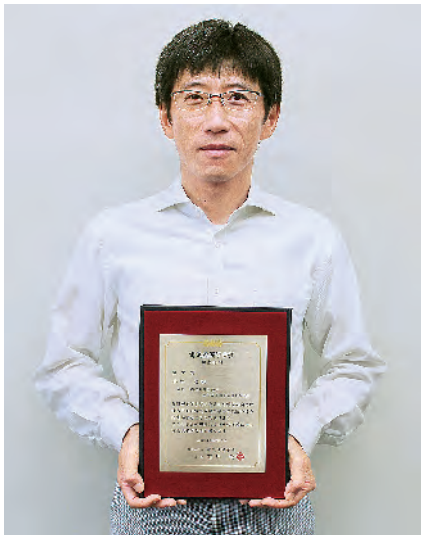
件名	著者（発表者○）および関係者	発表機関・掲載誌
I-V特性による日射強度・モジュール温度の推定精度向上	○石戸谷有我、神谷菜月、山中三四郎(名城大学)、井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 2016.9
破損した太陽電池モジュールの熱画像およびEL画像の評価	○竹下隆一朗、山中三四郎(名城大学)、井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 2016.9
PVSのための簡易診断装置開発～日射計の違いによる%電力への影響～	○中村匠汰、山中三四郎(名城大学)、井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 2016.9
太陽光発電システムのPCS出力抑制時における発電電力推定方法の検討	○牧野貴駿、山中三四郎(名城大学)、井上泰宏、西戸雄輝、小林 浩(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 2016.9
低電圧入力による電動機固定子巻線の短絡診断装置の開発	○中村久栄(技術研究開発部)	平成28年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 2016.9
単相SCによる電圧不平衡抑制装置制御部のリアルタイムシミュレータを用いた実験環境の構築	○猪飼千真、青木 睦(名古屋工業大学)、藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、小栗美香、山田琢寛(中部電力)	平成28年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 2016.9
単相SCを用いた電圧不平衡抑制装置とSVRの協調制御に関する検討	○猪飼千真、青木 睦(名古屋工業大学)、藤田 悠、小林 浩(技術研究開発部)、小栗美香、山田琢寛(中部電力)	平成28年 電力技術/電力系統技術合同研究会 2016.9
外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発 その185 太陽電池と蓄電池の組合せによるピーク電力の削減の検討	○小林 浩(技術研究開発部)、滝澤 総、二宮博史(日建設計)、柳原隆司(東京電機大学)、村上周三(建築環境・省エネルギー機構)	平成28年度 空気調和・衛生工学会大会(鹿児島) 2016.9
シミュレーションを活用した運用段階のエネルギーマネージメント手法に関する研究 某病院における水蓄熱を含む熱源システムの運用改善検討	○千葉理恵(技術研究開発部)、田中英紀、奥宮正哉(名古屋大学)	平成28年度 空気調和・衛生工学会大会(鹿児島) 2016.9
墜落防止タラップ用支持柱の開発	野寺泰司(中部本部)	第53回 全国建設業労働災害防止協会研究論文集





## 受賞・表彰の記録

年月日	受賞名	内容	担当者所属	担当者
2016. 3. 25	(一社)日本電気協会 中部支部 特別功績者賞	異常診断機能を搭載した太陽光発電設備の 遠隔監視システム	技術開発室 研究開発グループ	小林 浩 西戸 雄輝 井上 泰宏 (写真下)
2016. 5. 18	(一社)電気設備学会 中部支部賞 (研究開発)	研究開発分野の部門	技術開発室 研究開発グループ	山本 達也 (写真右上)
2016. 6. 3	(一社)電気設備学会 学術部門 論文賞	高圧需要家向け新型力率改善装置の開発	技術開発室 研究開発グループ	小林 浩 (写真左上)



# 各種学会・士会への加入奨励について

当社にとって、技術者一人一人が技術力を向上させることはいうまでもなく重要であり、その手段として図1に示すものが挙げられる。このうちいくつかは、教育センターにより進められているが、最新の技術情報や技術動向をタイムリーに得るには、各種学会・士会への加入が最も有効な方法である。このため当社では社員に対し、学会・士会への加入を奨励している。

また、技術士に挑戦する社員にとって、学会を通じて得られる各種情報は極めて役に立つと言われている。

各種学会は、最新技術の解説や施工事例の紹介を、会誌や見学会、講習会といった学会事業により提供している。これらの情報は、各個人が技術力を高めるきっかけとなることに加え、お客さまへ技術的な提案やアドバイスを行う情報源となる。また各士会も、同様に詳細な技術情報の提供や見学会を行っており、活用が期待できる。

社内に学会・士会の加入者が増えることは、社員の技術への関心を高め、会社全体の技術レベルの向上につながるほか、お客さまの当社技術力に対する信頼を高める期待もある。

特に電気設備学会について、同業他社が競って加入者を増やすのはこのためであろう。

当社業務に関係が深いと思われる学会・士会は表1のとおりであるが、業務上の必要に応じてこの限りではない。自分の業務に関係の深い学会・士会に是非加入し、技術力の向上に努めていただきたい。

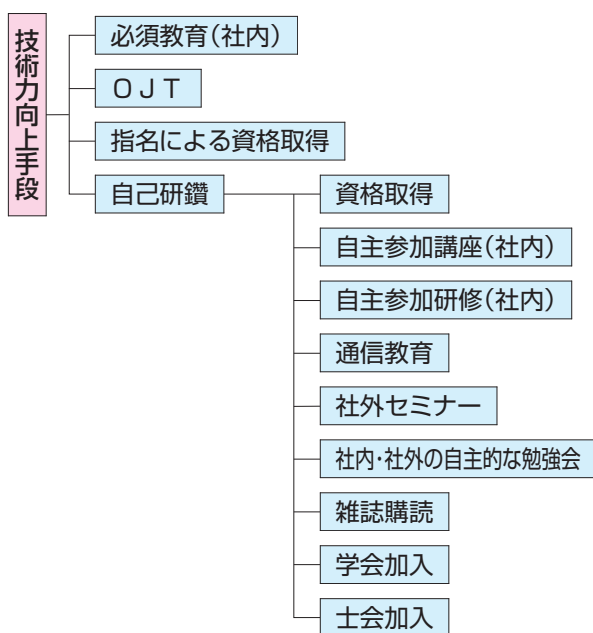


図1 技術力向上手段

表1 学会・士会

学会、士会名
電気設備学会
電気学会
空気調和・衛生工学会
日本建築学会
電子情報通信学会
情報処理学会
照明学会
技術士会
計装士会
建築士会

学会加入奨励については、イントラネットの部署情報で、「技術研究開発部だより」内の「各種学会・士会の加入奨励について(通知) (H21.2.3発信文書)」を参照していただくか、技術研究開発部にお尋ねください。

# 編集後記



撮影：光田美香子「富士山表口元祖七合目より」

今年の組織改定で「技術開発室」を「技術研究開発部」へ名称変更した。これに合わせ、新たに技術研究開発規程を制定するとともに、研究開発の方針も将来を見据え、他社との差別化をさらに推し進めるものとした。

これまでは現場やお客さまの課題解決に密着した技術開発を行ってきたが、今後はそれに加え、未解明事象への挑戦やニーズの先取り開発など、すぐには収益に結び付かない基礎研究にも積極的に取り組んでいくこととなる。さらに、社業の発展に留まることなく、広く社会に貢献するテーマにも挑戦していく。

10年、20年、30年、……と、持続的に会社が成長するために、「今」何に取り組まなければならないかを考え、たとえそれがどんなに困難なことであっても、果敢に挑戦していくこと。これが新部署名に込められた思いであると私は感じている。(未)

## TDLレポート 第32号

平成28年10月発行

### 編集

株式会社トーエネック技術研究開発部 TDLレポート編集委員会  
TEL(052)619-1707 FAX(052)619-1705  
〒457-0819 名古屋市南区滝春町1番地79



# TDR

vol.32 2016.10 TDRレポート

快適以上を、世の中へ。

**TOENEC**

株式会社 トーエネック  
名古屋市中区栄1丁目20番31号  
TEL (052)221-1111