

快適以上を、世の中へ。

TOENEC

中部電力グループ



TDR *Report*

Technology Development Report

2023.10

vol.39



はじめに

技術を結集した組織力の発揮に向けて	3
代表取締役 副社長執行役員 滝本 嗣久	

特別寄稿

災害対応ロボットの社会実装を目指して～VR・AI・性能評価～	4
名古屋工業大学 准教授 佐藤 徳孝	

技術報告

絶縁油の分光測定による油入変圧器の現地診断装置の開発	12
技術研究開発部 大島 誠一郎	
電設資材契約金額の査定支援システム開発	18
技術研究開発部三井 佑悟	
資機材管理業務効率化システムの開発	24
中部本部内線部 工事第一グループ 西山 裕之、大石 英統 技術研究開発部 研究開発グループ 山本 達也、伏見 文弥	
LPWAを活用したIoTシステムの構築と実証	28
情報通信統括部 技術・保守グループ 小椋 雅夫	

施工事例

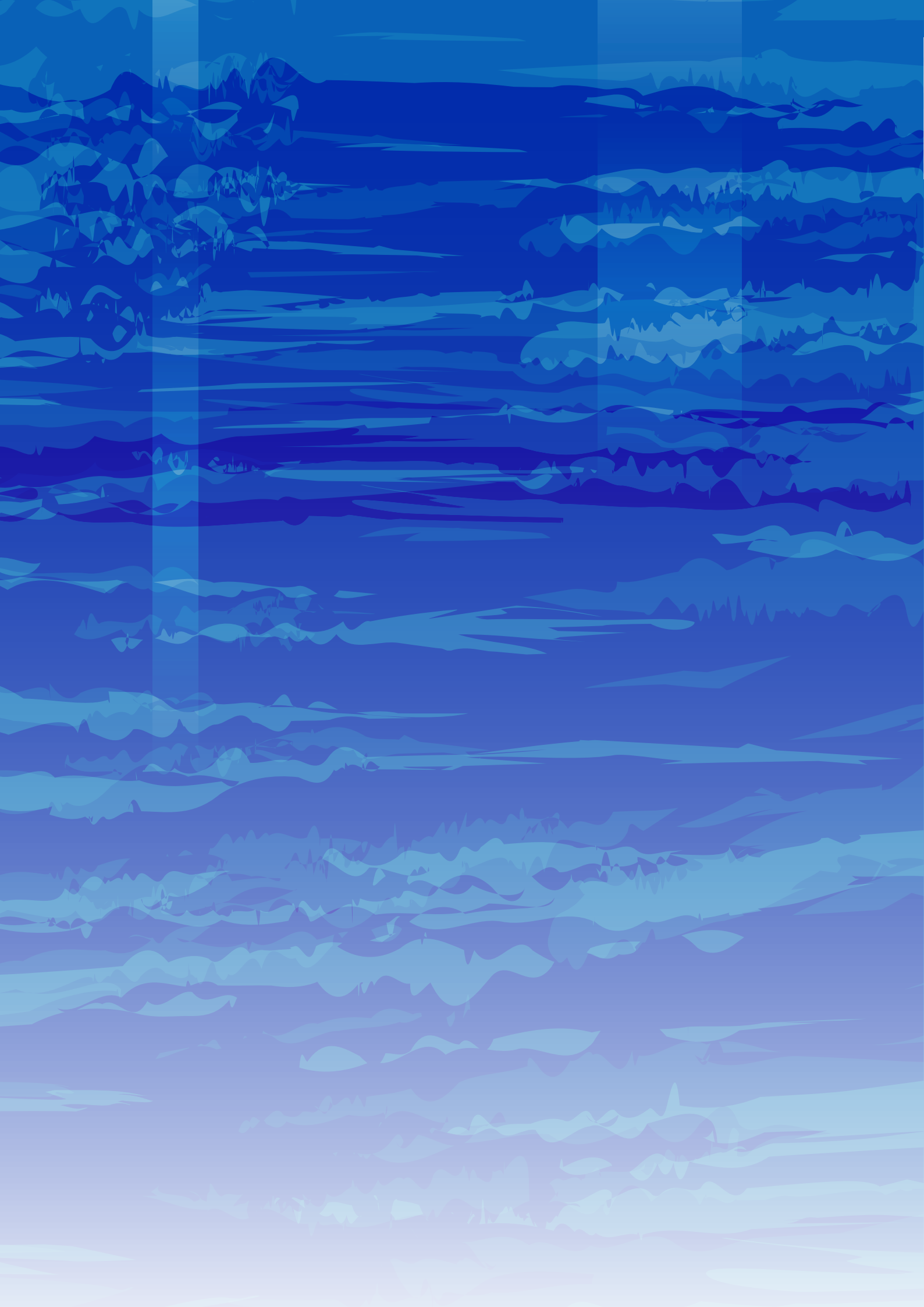
外装照明のユニット化	34
東京本部内線部 本田 寛	
現場竣工時期での送受電業務分業化による業務効率化取組事例	38
中部本部内線部 工事第二グループ 寺澤 旭弘 内線統括部 施工グループ 藪崎 剛 中部本部名西営業所 工事グループ 西部 明男	
バイオメトリクス認証のクリーンルームにおける施工事例と有効性	40
中部本部名西営業所 近藤 瑞樹	
室外機ユニット化による施工時間短縮とコスト削減	42
中部本部内線部 工事第二グループ 猪口 秀昭、三輪 秀之	

技術開発だより

.....	44
<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究開発テーマ ・ 研究開発グループのチーム編成 ・ 現業支援業務 ・ 成果報告会 ・ 全社技術研究発表会 ・ 字との交流 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 社外講師・セミナー講師 ・ メッセナゴヤ2022 ・ テクノフェア2022 ・ 太陽光発電展PVEXPO2023 ・ JECA FAIR2023 ・ 電気学会全国大会企業展
<ul style="list-style-type: none"> ・ 電気学会部門大会企業展 ・ 受賞、表彰記録 ・ 一般講演の聴講報告 ・ 学会・雑誌への発表・投稿 ・ 各種学会・士会への加入奨励 	

編集後記

.....	60
-------	----



技術を結集した組織力の発揮に向けて



代表取締役 副社長執行役員
滝本 嗣久

皆さま、毎日の業務お疲れ様です。当社においても昨年度からパーパス経営についての議論が始まり、トーエネックは何の会社なのか、何を目指している会社なのかなど、会社の存在意義、社会やお客さまが何をトーエネックに期待しているのかを改めて考えるいい機会になっていると感じています。ここでは20年ほど前に私がトーエネックの一員として仕事ができ良かったと感じられた経験がありますので、紹介します。

当時は、国内の景気が冷え込んでいたこともあり、私に「台湾でトーエネックにできる仕事（技術）があるかを現地に駐在し調査する」という業務が命じられました。現場出身で英語も話せない私が一人で台湾に赴任するだけでも驚きの業務命令です。不安を抱えて赴任した後、現地の建設会社やコンサルタントなどに空調機の「高性能フィルター洗浄」など、特異性がありそうな技術を提案してみましたが、初めて聞く話には簡単には乗ってきません。現地の各メーカーも日本企業と技術提携している会社も多く、改めてトーエネックが必要とされる分野が見つけれないまま2～3か月が過ぎていきました。そんな中、台湾電力の高雄（台湾南部の都市）の案件で新設の変電所はできているものの変電所間を結ぶ161KVのルート建設に困っているという話を聞きました。都市の中心部であり鉄塔が立てられないことに加え、ルート上に行政が掘削を許可しない道路があるため地中線でも施工できない、というものでした。ここで、日本では特別な工法ではないのですが台湾では施工例がない「曲線推進工法」（ヒューム管をジャッキで押しながら先端を掘削し、曲線のトンネルを掘る方法）を採用すれば、掘削の許可が出ない道路を上から掘削せずにルートを確保できるという提案をしてみました。当時、曲線推進工法は台湾国内で採用実績がなく、定められた設計指針にない工法でしたので、簡単には採用してくれません。台湾電力としても施工が失敗すれば責任問題です。組織の幹部も責任を問われるでしょう。ただ、課題を解決するための他の案は台湾電力

も持っていません。何度も曲線推進技術を施工担当部署や設計担当部署などに説明するうちに、台湾電力の設計指針の改定や行政との調整をしてもらえることになりました。しかし、実務はそこからが大変でした。各関係部署からの数限りない質問への対応、台湾にはない材料の調達方法、台湾の規格のクリアなど、今まで国内で経験したことがない多くの課題を解決しなければ案件は実現できません。そんな中、国内のトーエネックの仲間が「この技術を台湾で認めてもらいたい」

という思いを共有してくれて、説明資料の作成、設計指針作成の協力など、本当に大きな力をかしてくれました。正直なところ、予想できないリスクを含めて、施工が上手くいかなかったらどうしよう、という不安もありましたが、日本の技術者としてプライドをかけて、とにかくやりきろうという思いで取り組んでいました。結果として案件も成立し、経験豊富な先輩技術者が施工を管理してくれた結果、無事に台湾初の曲線推進工事を完工することができました。この案件は台湾国内初の技術として現地のマスコミにも多く取り上げられ、その後台湾国内で曲線推進技術が採用された案件も増えています。私にとって、新しい技術を提案し、実現していく醍醐味と仲間のありがたさを感じさせてくれた業務でした。

今年度からスタートした中期経営計画2027は「お客さまと、社会と、人と共に成長し続ける総合設備企業へ」がテーマです。多くのお客さまがトーエネックに期待するのは各部門の専門技術はもちろんですが、多様な専門技術を結集させ、現場をサポートできる組織力ではないでしょうか。

このTDレポートは会社の各分野の技術の取組みを会社全体で共有できるレポートです。総合設備業であるトーエネックとして幅広い分野でお客さまの期待に応えられる技術を結集し、組織力を発揮できる会社を目指していきましょう。

災害対応ロボットの社会実装を目指して ～VR・AI・性能評価～



名古屋工業大学 准教授
佐藤 徳孝

1 はじめに

1995年に発生した阪神淡路大震災での甚大な被害を受けて、日本機械学会内に「救助ロボット機器の研究開発に資することを目的とした阪神淡路大震災における人命救助の実態調査研究会」が立ち上げられ、災害現場でのロボット技術の活用可能性が検証された。以降、国内外を問わず多くの災害対応ロボットが開発されており、2004年に起きた世界同時多発テロで崩壊したWTCビルに災害対応ロボットが初めて現場投入された。2011年の東日本大震災発生時も様々なロボット技術が活用され、福島第一原子力発電所の廃炉に対してもロボット技術が活用されている。

一方、大規模災害のためだけにロボットを消防機関等に配備することは困難とされ、平時はインフラ点検などに活用し、いざ災害が起これば災害対応に活用するといったビジネスモデルが2005年頃から提唱されている。高度経済成長期に建設されたインフラは建設から60年ほどが経過している。この保守・維持・管理もまた社会的な課題であり、効率化・電子化という観点からロボット技術の活用が望まれている。

災害対応ロボットは危険な災害環境で動作するため、操作者が安全な場所から遠隔操縦することが一般的である。そのため、操作しやすいロボットでないとその性能を十全に発揮できない。そこで、著者はこれまで、バーチャルリアリティ(VR)や人工知能(AI)を活用した、災害対応ロボットの遠隔操作支援に関する研究を行ってきた。

さらに、著者は現在、災害対応ロボットとドローンの標準的性能評価手法に関する研究も行っている。著者は学生時代から災害対応ロボットの国際競技会RoboCupのRescue Robot Leagueに参加してきた。現在は、この競技会の日本大会であるロボカップジャパンオープンのレスキュー実機リーグの実行委員長を務めている。ロボットコンテストのルール

策定はロボットの性能評価法を考案することと同義である。ロボット競技会に長く携わってきた経験から、近年、陸上移動ロボットだけでなく、ドローンの性能評価手法に関する研究と国際標準化活動を行っている。

本稿では、著者のこれまでの研究成果として、操作者へのバーチャルな俯瞰映像提示システム、VR空間のCGを用いたバーチャルな直接操作システム、深層強化学習による不整地自律走行、ドローンの性能評価に関する取り組みを紹介する。

2 仮想的俯瞰映像提示システム

図1に災害対応ロボットの遠隔操作システムの模式図を示す。遠隔操作では第一に、ロボットが置かれた状況を操作者が正確に把握(Situation Awareness)しなければならない。しかし、ロボットに搭載されたカメラの画像のみでは、視野が狭く、ロボット自身も映り込んでいないことから環境認識が困難である。一方で、レースゲームでは、ドライバー視点だけでなく、操作対象の自動車を少し後ろから撮るような映像が用意されている。また、現実の自動車でもアラウンドビューモニターにより、操作対象を俯瞰的に見えるようにすることで駐車を容易にしているものがある。

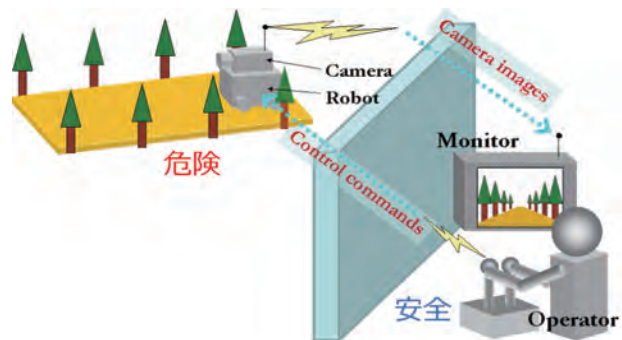


図1 災害対応ロボットの遠隔操作の模式図

しかし、災害対応ロボットは一般的に未知環境を走行するため、ロボットを俯瞰的に撮影できるカメラが環境中に存在しない。そこで、著者らは過去の画像に現在のロボットのCGモデルを重畳することで仮想的に俯瞰映像を提示する手法を提案した。図2に提案システムの原理を示す。ロボットは走行中にカメラ画像を操作者側のPCに送信しており、操作者側のPCでは、送られた画像をカメラの位置姿勢情報と共に撮り貯めておく。撮り貯めておいた画像から現在のロボットを撮影するのにふさわしい画像を1枚選択する。この際には事前に設定した評価関数を用いて、現在のロボットを見るに適切な視点位置姿勢の画像を選択する。この画像を背景画像と呼ぶ。次に、背景画像の視点から見た現在のロボットのCGモデルを作成する。最後にこれを背景画像に重畳することで仮想的な俯瞰視点を生成する。したがって、背景画像の選択時には視点位置と現在のロボット位置が適度に空いていること（近づくとロボット全体が映らず、遠すぎるとロボットが小さくなる）、ロボットが背景画像の中央に描かれるような視点であること、現在のロボットをなるべく後方から撮影していること（正対するような画像だと操作が難しくなる）などを考慮して評価関数を作成することが必要となる。また、ロボットの位置情報が正確に推定されていることも提案手法に必要な条件となる。したがって、GPSやSLAM (Simultaneous Localization And Mapping)等との連携が不可欠である。

図3に大学の廊下を走行した際の提案手法による生成映像を示す。(a)はリアルタイムのロボット搭

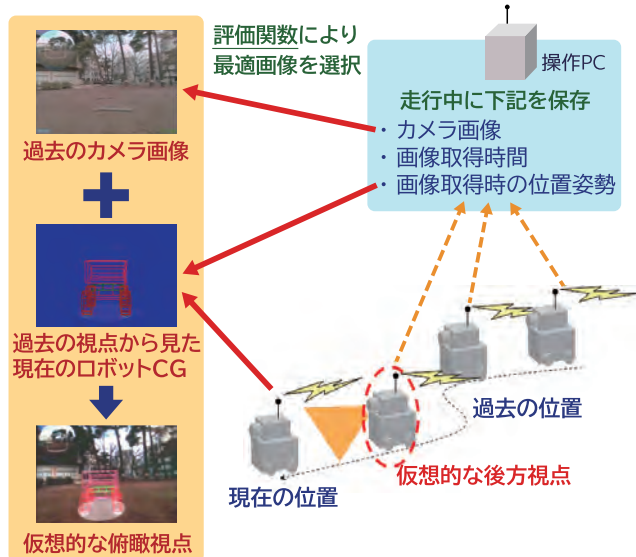


図2 仮想的俯瞰画像提示システムの原理

載カメラ画像、(b)は提案システムによる生成画像、(c)は外部カメラの画像である。(a)では壁とロボットの関係が掴めないのに対し、(b)では、俯瞰的な映像からロボットと壁との関係が掴むことができ、操作が容易となる。(b)と(c)を比較すると、提案手法により現実と変わらない俯瞰映像が提示できていることが分かる。この際の動画はYouTube上で公開されている。興味があれば<https://youtu.be/DX6WOirXYxo>をご覧ください。



(a)ロボット搭載カメラのリアルタイム画像



(b)提案システムによる生成画像



(c)外部モニタリング用カメラの画像

図3 仮想的俯瞰画像提示システムの様子

このように、あたかもロボット後方のカメラから撮影したかのような映像の生成し、操作性を向上させることができた。提案手法は画像にワイヤフレームのCGモデルを重ねるだけなので、計算負荷が小さいという利点がある。また、過去の画像も2秒に1枚程度を撮り貯めればよいことが分かっており、通信負荷も非常に小さい。例えば通常の遠隔操作で1秒に30枚の画像を伝送するのにに対し、本手法では2秒に1枚伝送すればよいので、単純計算で通信負荷は1/60となる。

3 バーチャル直接操作システム

前章では、図1における操作者側の提示映像に関する操作支援技術を紹介した。ここでは図1における操作者側のコントローラに関する操作支援技術を紹介する。

現在、多くの災害対応ロボットがゲームパッドによって遠隔操作されている。この要因として、ゲームパッドは多くのボタンを有しており、さらにボタンが押しやすい位置に配置されていること、スティックによりアナログ入力が可能であり、ゲームのようにスティックを倒すことでロボットの移動の指令を生成することが直感的であることが挙げられる。

しかし、災害対応ロボットには作業用のアームが搭載されていることが多く、移動と作業を効果的に組み合わせる操作することが求められる。このような際にはゲームパッドでは操作が複雑になり、操作性が低下すること、操作に熟練を要することが報告されている。

そこで、著者らは初心者でも複雑な操作を簡単にできる方法としてバーチャル直接操作システムを提案している。図4に提案システムの原理を示す。操作者はヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着し、力覚提示装置を把持する。力覚提示デバイスにより、操作者の手の位置を計測する。ロボットには深度センサ付きカメラやLiDARが搭載されており、ロボット周辺環境の3次元地図をSLAMにより生成する。このとき、操作者がHMDを通して見るVR空間には、ロボットのCGモデルだけでなく、ロボット周辺環境のCGモデルを描くことができる。すなわち、操作者はHMDを通して、ロボットが走行している環境の3次元ジオラマを眼前に見ることができる。また、操作者のHMDにも深度センサ付きカメラを装着し、操作者の手指を撮影し、操作者の手

指もCGモデルとしてVR空間内に配置する。これにより操作者があたかも自らの手でロボットのCGに直接触れるかのようなシステムを構築している。

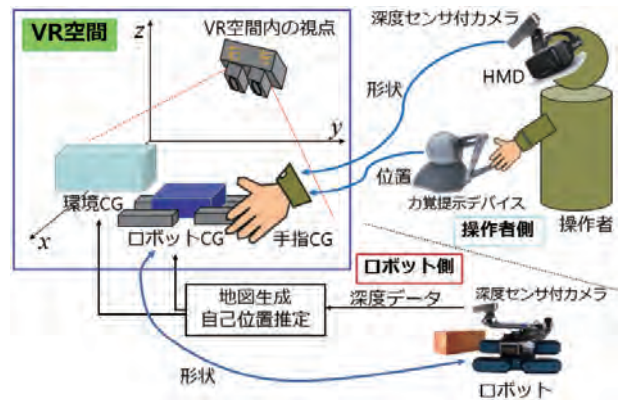


図4 バーチャル直接操作システムの原理

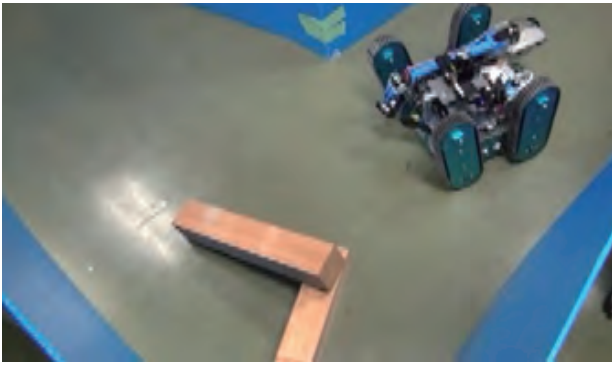
このようなシステムにおいて、手指CGとロボットCGの接触判定を行い、操作者がロボットCGを掴んでいる際には、操作者の手指の動作からロボットへの指令を生成することで、実空間のロボットを動かすことができる。例えば、操作者がロボットCGの本体を掴んで前方に動かした場合には実ロボットを前進させ、操作者がロボットの可動部を動かした場合にはロボットCGと同じ形状になるように実ロボットを制御する。このような方法により、操作者はミニカー遊び、あるいは人形遊びのような感覚で容易にロボットを操作することができる。

提案システムによりロボットを操作している際の画像を図5に示す。(a)は実ロボットの様子、(b)は操作者の様子、(c)は操作者のHMDに投影している映像である。(c)において肌色の手のCGがロボットのCGモデルを掴んでいることが分かる。この際の動画もYouTube上に公開している。興味があれば、<https://youtu.be/EfEL0qskEIY>をご覧ください。

4 深層強化学習による不整地自律走行

ここまでは図1の操作者側の入力デバイスにおける操作支援技術について著者らの研究を紹介した。ここではロボットの自律化による操作支援技術について紹介する。すなわち、図1でいうとロボット側の技術について述べる。

自律化による操作支援というのは相反する言葉が並んでいるように思われるかもしれない。しかし、自動車技術において、渋滞時の先行車への追従や車



(a) 現実のロボットと走行環境



(b) 操作者の様子



(c) 操作者がHMDを通してみている映像

図5 バーチャル直接操作システムの様子

庫入れの自動化など、ドライバーにとって煩雑であったり難しかったりする操作を自動化することでドライバーを支援しているものがある。このように、完全自律は困難であっても機能や動作の一部を自律化することで、操作性を向上させることができる。

災害対応ロボットにおける煩雑な操作として不整地走行が挙げられる。災害対応ロボットは本体の前

後にフリッパと呼ばれる機構を有し、これを用いることで高い段差を踏破することができる。しかし、フリッパを操作しての段差踏破は段差が高くなるほどに操作が煩雑になる。そこで、著者らは機械学習を用いて操作者にとって煩雑な段差踏破を自動化した。

機械学習の手法としては深層強化学習を採用した。強化学習とは、エージェント(ここではロボット)の行動に報酬を設定しておき、エージェントが、どのような状態でどう行動したときにどの程度の報酬が得られたか、という情報を蓄積していき、報酬が最大化するような行動を学習する手法である。この報酬を最大化する行動を、ニューラルネットワークを用いて学習する手法を深層強化学習と呼ぶ。学習の最初期では各モータをランダムに動かす。その際にどのくらいの報酬が得られたかに応じて行動を修正していく。したがって、強化学習では膨大な数の試行錯誤が必要となる。著者らはゲーム開発エンジンであるUnityを用いて学習用のシミュレータを構築した。Unityは機械学習ライブラリML-Agentsを有しており、シミュレータ環境の構築だけでなく、深層強化学習の導入も容易である。

図6にUnity内で構築した環境の側面図を示す。ロボットは目の前の段差を乗り越え、スタート地点から1.5m前方の段差上に100秒以内に移動できればタスク成功とし、そうでない場合は失敗とする。報酬は進んだ距離とし、成功したらボーナスで1点、失敗したらペナルティで-1点を加えるとした。また、いきなり高い段差で学習を始めても全く成功せず学習が進まなかったため、低い段差から始め、徐々に高さを上げていくというカリキュラムラーニングの考え方を採用した。

学習における状態と行動を図7に示す。状態はニューラルネットワークの入力、行動はニューラル



図6 Unity内の環境

ネットワークの出力である。状態はロボットの本体に搭載したフロントカメラの画像(128×80)とロボットの姿勢を图示した姿勢画像(48×30)である。したがって、入力層には5,280個のニューロンが存在する。一方、行動はロボットの前進速度(5段階)、前フリッパーの回転速度(3種類)、後ろフリッパーの回転速度(3種類)で3個のニューロンが存在する。このような状況でニューラルネットワークの構造やカリキュラムラーニングの方法を調整して、段差踏破の自動化を実現した。

学習の過程を図8、図9、図10に示す。学習の初期段階(図8)では辛うじて段差に向かって前進できるだけであったが、学習の中期(図9)には段差に取り掛かれるようになり、最終的(図10)にはスムーズに段差を乗り越えることができた。最終段階までは25,000エピソードを要した。時間にすると、10万円程度のPCで7.5時間を要した。

図11に検証実験の結果を示す。青は10名の被験者が10回遠隔操作した場合の平均値と標準偏差を示している。段差が高くなると、遠隔操作では成功までに多くの時間がかかっているが、提案手法により大幅な時間の短縮が達成されている。さらに、成功率も遠隔操作に比べて最も高い段差時に向上している。以上より、高い段差を踏破するという操作者にとって煩雑で難しい操作を自律化によって支援することができたと考えており、現在は3次元的不整地形形状上での自律走行について研究を進めている。

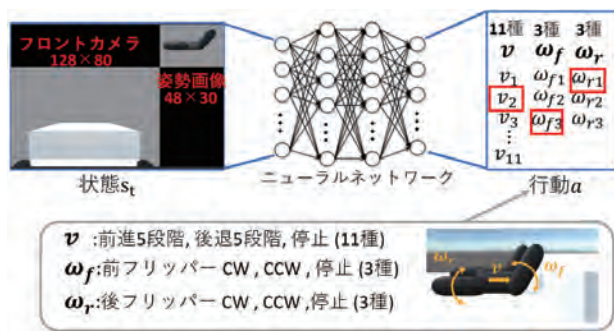


図7 深層強化学習の状態と行動



図8 学習初期(90エピソード)

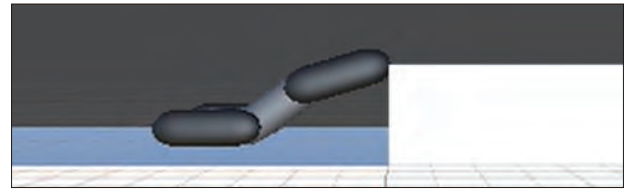
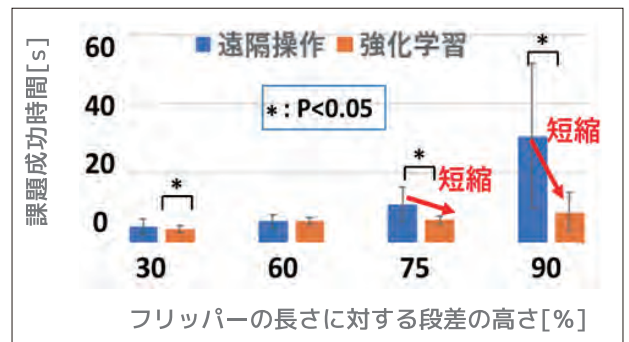


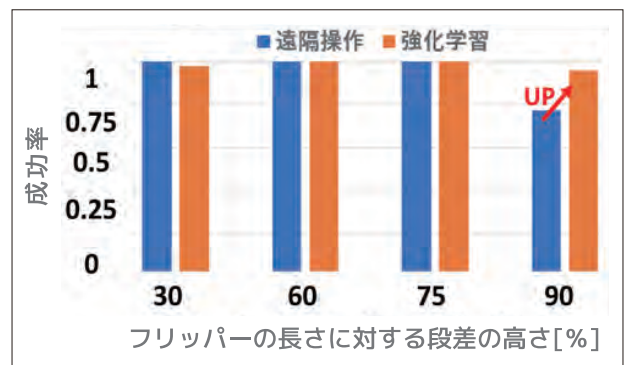
図9 学習中期(3,000エピソード)



図10 学習終了時(25,000エピソード)



(a) 課題成功時間の結果



(b) 成功率の結果

図11 実験結果

5 制約環境下でのドローンの性能評価

これまでは陸上移動型の災害対応ロボットに関する操作支援技術について紹介してきた。ここでは、著者が近年携わっているロボット・ドローンの性能評価について紹介する。第1章に記載した通り著者は災害対応ロボットのコンテストの運営に携わっており、そのルール策定の経験からロボット性能評価手法に関する研究を行っている。

災害対応ロボットの社会実装に向けて、操作支援技術と並び、性能評価の標準化が必要と考えられる。市販されている災害対応ロボットのスペック表を見ると、各種性能が掲載されているものの、各メーカーが独自の手法で試験を行っているため、単純に比較することができない。ユーザがロボットを適切に選定するためには、自動車の燃費のJC08モード、WLTCモードのようにメーカーの垣根を越えて標準的な方法で試験を行い、その数値が公表されなければならない。技術の研究開発と試験法の標準化は社会実装の両輪である。

災害対応ロボットの性能評価の標準化は、米国のNational Institute of Standards and Technologyの研究グループが主導している。彼らは米国のASTM International(ASTM)のE54.09 Subcommitteeでの議論を主宰し、すでに陸上型災害対応ロボットの試験法がいくつか国際規格としてASTMより発行されている。NISTの研究グループは現在、陸上型災害対応ロボットだけでなく、ドローンの性能評価法について研究を進めている。

一方、日本では国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」(DRESSプロジェクト)において、ロボット・ドローンの性能評価に関する研究開発を2016年から開始した。著者もDRESSプロジェクトにおいて、陸上移動型災害対応ロボットの性能評価手法に係る特別講座の講師を務めるとともに、このプロジェクトの枠組みで実施されたWorld Robot Summitのインフラ・災害対応カテゴリーの災害対応標準性能評価チャレンジの競技委員長を務めた。さらに、ドローンの性能評価として自己位置推定用センサの性能評価法に関する研究開発を行った。

現在は、DRESSプロジェクトの後継と位置付けられる「次世代空モビリティの社会実装に向けた実現プロジェクト」(ReAMoプロジェクト)において、日本原子力研究開発機構、新潟工科大学、近畿大学、

千葉大学、産業技術総合研究所と本学でコンソーシアムを結成し、「制約環境下におけるドローンの性能評価法の研究開発」を、コンソーシアムの代表(研究開発統括責任者)として取りまとめるとともに、非GPS環境におけるドローンの自己位置推定手法に関する研究を行っている。

5.1 研究開発全体の概要

「制約環境下におけるドローンの性能評価法の研究開発」では、インフラ点検や災害対応でのドローンの活用を想定し、障害物が多い屋内環境下のような複雑な状況下でのドローンの性能評価手法について研究を行っている。図12に研究開発全体の概要を示す。対象とする環境は狭隘空間、低視程環境、非GPS環境である。狭隘空間において対象とする性能は飛行性能と空力性能である。ここでは、狭隘空間で障害物に衝突せずに飛行する性能とドローン自身が巻き上げる風による影響に対する性能を評価する方法を研究開発する。低視程環境において対象とする性能は障害物検知性能である。粉塵、煙、雨、霧、雪といった見通しの悪い環境において障害物検知センサがどの程度適切に動作するかに関する試験法を研究開発する。非GPS環境において対象とする性能は自己位置推定性能である。非GPS環境では外部からリファレンスを得られないことから、搭載センサ情報を用いてドローン自身が自分の位置を推定する必要がある。どのような環境でどう飛行したときの推定精度を指標とするかについて研究開発する。

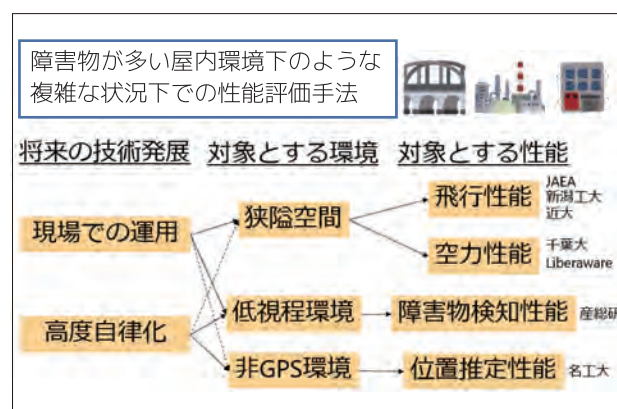


図12 制約環境下におけるドローンの性能評価法の研究開発の概要

5.2 標準化活動

本プロジェクトでは、試験法の研究開発だけでなく、開発した試験法を標準化するための活動も積極的に行うことが求められている。そこで、著者らのコンソーシアムでは、意見交換会とロボット競技会を実施している。意見交換会は、開発中の試験法に沿って実際にドローンを飛ばす様子を参加者に見てもらい意見を交換するものである。図13に2023年3月に行った第1回意見交換会の様子に示す。ドローンのユーザ・メーカーの方々のみならず、試験施設所有団体や試験機器開発メーカー、公官庁の方々など、多くのステークホルダに参加していただいている。各年度2回の開催を予定しており、誰でも自由に参加（事前登録制）ができる。参加者は実際にドローンが飛行する様子を見ることができ、体験フライトをすることもできるため、百聞は一見に如かずで、現時点のドローンの技術レベルを把握することができる。次回は2024年2月に福島県にある樫葉遠隔技術開発センターでの開催を予定している。開催時期が近付けばReAMoプロジェクトのホームページに詳細を掲載するので、興味のある方はぜひ参加いただきたい。



事業内容と成果の紹介・意見交換



開発中試験法のデモンストレーション

図13 第1回意見交換会の様子

5.3 非GPS環境での自己位置推定性能の試験法

著者はコンソーシアムの研究開発と標準化活動を統括するだけでなく、非GPS環境でのドローンの自

己位置推定性能の標準的性能評価試験に関する研究開発も行っている。先に述べた通り、どのような環境でどう飛行したときの推定精度を指標とするかについて研究開発をしている。ここでは、プロジェクト開始から1年が経過した現在の成果を紹介する。

著者らはこの1年で試験環境の検証のためのシミュレータを開発し、3種類のSLAM手法を比較した。開発したシミュレータの画面とシステム構成をそれぞれ図14と図15に示す。



図14 シミュレータの画面

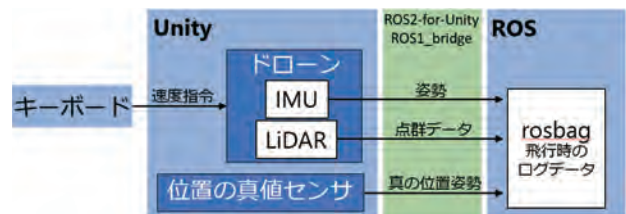


図15 シミュレータのシステム構成

開発したシミュレータはUnityをベースに作られており、プラント環境とドローンの無料アセットを用いて作られている。ドローンにはSLAMに必要なセンサであるLiDARとIMUが搭載されており、ドローンをキーボードで動かしてデータを収集する。データはROS(Robot Operation System)のログファイル(rosbag)として保存される。これは、ROSを用いることで他者が開発したSLAMの優れたパッケージを再利用するためである。センサデータを基に各種SLAMを実行し、シミュレータ内の真の位置との誤差を算出することができる。

実際にUnity内の環境をフライトした際の同一のログデータを用いて3種類のSLAMを行った際に生成された地図を図16に示す。ここでは、「日」の字型に飛行するように壁や柱を配置している。図16より、SLAMごとに地図が異なっており、自己位置推定精度が異なることが分かる。現在は、このよ

うなシミュレータを用いて、標準的な試験として適当な飛行環境と飛行経路に関する検証を行っている。シミュレータにより試験環境の候補を絞ったうえで実環境での検証を行う計画である。

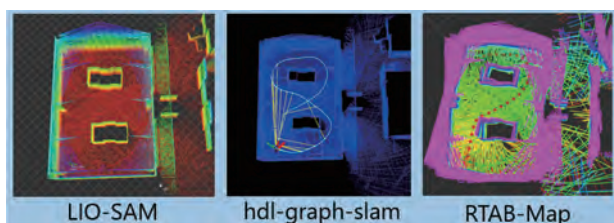


図16 3種類のSLAMによる地図

6 おわりに

本稿では、著者らの災害対応ロボットに関連する研究を紹介した。災害対応ロボットは本格的な研究開発が始まってから約20年が経過しているにも関わらず、未だに広く社会実装されているとは言えない状況にある。著者は操作支援と性能評価が社会実装のキーになると考えて、研究活動を進めてきた。操作支援についてはVRやAIを活用しユーザ中心のシステム開発を行ってきた。また、性能評価については、ReAMoプロジェクトでの研究開発のみならず、2023年1月に日本ロボット学会内に「ロボット性能評価工学研究専門委員会」を委員長として立ち上げ、新たな学術領域「ロボット性能評価工学」の開拓にも着手している。

今後も災害対応ロボット、ならびにインフラ点検などの関連分野におけるロボットの社会実装を目指し、操作支援と性能評価という観点での研究開発に邁進していく。

「謝辞」

第5章の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP22002)の結果得られたものです。

【略歴】

2009年 電気通信大学 大学院電気通信学研究科
博士後期課程修了 博士(工学)
2009年 京都大学 大学院工学研究科 特定助教
2011年 名古屋工業大学 大学院工学研究科 助教
2023年 名古屋工業大学 大学院工学研究科 准教授

【専門分野】

ロボット工学、メカトロニクス、ユーザインタフェース、バーチャルリアリティ、レスキュー工学、ロボット性能評価学

【主な著書・解説】

- ・ 佐藤徳孝、松野文俊、レスキューロボット遠隔操縦インタフェース技術、日本ロボット学会誌、Vol.28、No.2、pp.156-159、2010.
- ・ 橋本健二、佐藤徳孝ほか、ImPACT-TRC脚ロボットの改良とユーザインタフェース、日本ロボット学会誌、Vol.37、No.9、pp.818-823、2019.

絶縁油の分光測定による油入変圧器の 現地診断装置の開発

技術研究開発部
研究開発グループ
大島 誠一郎



1 はじめに

送配電系統の中で重要な役割を持つ変圧器のなかで、油入変圧器は最も多く使用されている（2022年時点での残存台数350万台⁽¹⁾）。油入変圧器の銅線の絶縁物である絶縁紙が劣化すると本体ごと更新する必要があるため、絶縁紙の劣化状態を把握することは余寿命を検討するうえで重要な要素である。絶縁紙のセルロースが劣化すると絶縁油中にフルフラールという物質が生成される。油入変圧器の劣化診断では、絶縁紙を直接採取することは難しいので、絶縁油中のフルフラール含有量を判定基準とするのが一般的である⁽²⁾。

フルフラール含有量を測定する場合、高速クロマトグラフィー（High Performance Liquid Chromatography：HPLC）を用いるため専門業者への委託が必要で、委託費用と手続き等の手間が掛かる。また、結果が出るまで数週間の時間を要するといった課題がある。そのためか、フルフラール含有量の測定は、数年に一回の実施か、設置以来一度も実施していない需要家も見られる。

専門知識がなくても絶縁油の劣化状態を数分程度で簡単に推定できたならば、油入変圧器の汎用的な劣化診断手法として展開できる。また、診断結果が悪かった場合、早急な方策を立てることも可能となる。

そこで、近赤外の光の情報を用いることで、専門知識が無くても1分程度でフルフラール含有量を推定できる装置を開発した。

本報告では、まず、一般的なフルフラールが生成される過程と光を用いた分析方法の特徴を説明する。次に、用いた絶縁油検体、それらの分光情報の測定結果、そしてフルフラール含有量を推定する手法と推定結果を報告する。最後に、装置の概要を説明するとともに、実際に装置を用いてフィールドテストを行った結果を報告する。

2 劣化に伴うフルフラール生成と従来の測定方法

油入変圧器の内部の写真を図1に示す。鉄心（コア）に巻き付けられている銅線は絶縁紙によって保護されており、それらの冷却・絶縁を目的として、絶縁油が封入されている。絶縁紙が劣化すると、絶縁紙破断が発生し、絶縁破壊の危険性が増大する。絶縁紙のみ交換することは非常に困難なので、絶縁紙の劣化＝油入変圧器本体の更新となる。

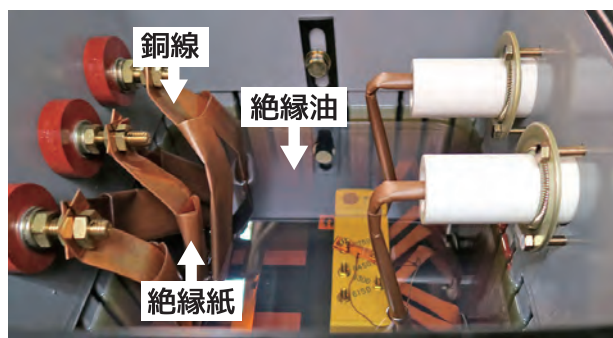


図1 油入変圧器の内部

油入変圧器の劣化は、温度、酸素や水分などの影響を受けて進行する。特に絶縁紙は、銅線に直に接していることから温度の影響が大きい。油入変圧器の絶縁紙の劣化フローを図2に示す。絶縁紙が劣化すると、絶縁紙の構成物質であるセルロースが化学反応し、絶縁油中にフルフラールが生成される。

絶縁紙の劣化診断では、紙を直接採取することは困難なので、絶縁油中のフルフラール含有量によって絶縁紙の診断を行うのが一般的である。

フルフラール含有量の測定は、一般的に高速液体クロマトグラフィーが用いられる。HPLCは、カラムを通過する物質の時間差を利用することで、物質中に含まれる成分を定性的に分析し、標準溶液の分析結果と比較して定量する手法である。HPLCでは、洗浄・溶出を要するため、試料の前処理と分析条件の最適化が必要であり、測定には専門的な知識を要する。そういった側面から、HPLCは専門の業者に委託するのが一般的である。

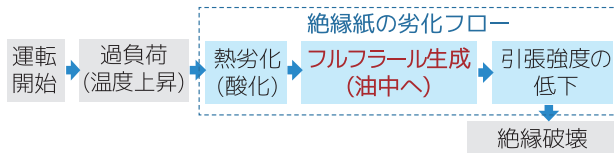


図2 油入変圧器の絶縁紙の劣化フロー

3 分光法（吸収分光法）の特徴

HPLCの実施には専門知識が必要で、測定に時間もかかることから、別の手法を調査した。調査の結果、非破壊で含有成分に関する情報を得ることができ、測定も短時間で実施できる光を用いた分析方法（分光法）に着目した。分光法には様々な手法があるが、今回は、最も広く用いられている吸収分光法を用いる。吸収分光法は、試料に照射した光がどれだけ透過したか、すなわち、試料でどれだけ光が吸収されたかを吸光度として評価する方法である（図3）。

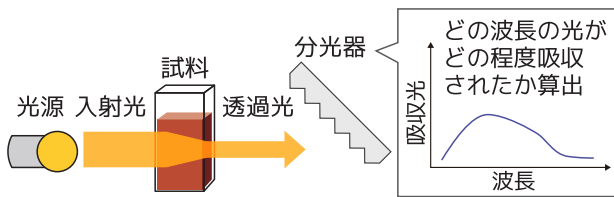


図3 吸収分光法のイメージ

分光法は光の波長領域ごとに特徴が異なる^{(3)~(5)}。波長領域ごとの名称と特徴を表1に示す。

表1 吸収分光法の名称と特徴

名称	可視	近赤外	中赤外
波長範囲(nm)	400~800	800~2,500	2,500~25,000
分子構造の情報	無い	少ない	多い
センサ費用	安い	普通	高い

可視分光法は最もセンサ費用が安いですが、この分光法は元素の最外殻電子の遷移に関する情報を得られるもので、吸光度の変化によって大雑把に成分量を算出することはできるが、分子構造の情報はわからない。絶縁紙が劣化する際、フルフラール以外にも多数の物質が生成される（図4）。吸光度スペクトルにはそれらすべての物質の分子構造の情報が重畳するため、分子構造の情報が得られる近赤外あるいは中赤外分光が望ましい。中赤外分光法では、分子

の振動の基本音を観測できるので分子構造の情報が多く得られるが、市販のセンサが比較的高価かつ大きく、現地診断に不向きである。近赤外分光法では、基本音に比べて発生しにくい倍音・結合音を観測するため、分子構造の情報が少ないが、市販のセンサが中赤外に比べて安価かつ小さい。うまく情報解析ができれば価格と可搬性でメリットがある。よって今回は、近赤外分光法を採用した。

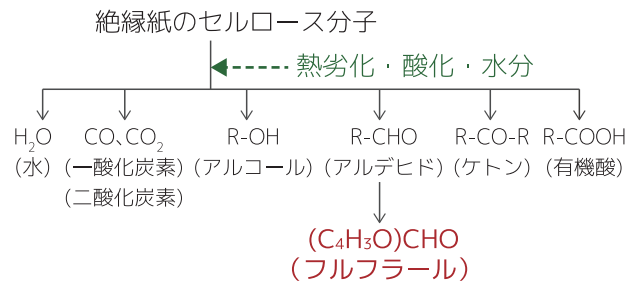


図4 絶縁紙のセルロース分子の劣化生成物

4 絶縁油サンプルの収集

本研究では、3種類の絶縁油サンプル計87検体を用いて吸光度スペクトルデータを収集した。また、従来の測定方法でフルフラール含有量を測定して、フルフラール実測値データを得た。

4.1 採取油

自社、客先に設置されている油入変圧器（電圧6.6 kV、容量20~1500 kVA）から検体76個を採油した。採取油のフルフラール実測値昇順に並べたものを図5に示す。図中のしきい値は一般的な判定基準値（要注意値：1.5mg/kg、交換推奨値：15 mg/kg）⁽²⁾である。ほとんど劣化していないものから交換推奨値を超えるものまで、幅広い範囲の検体を採取した。

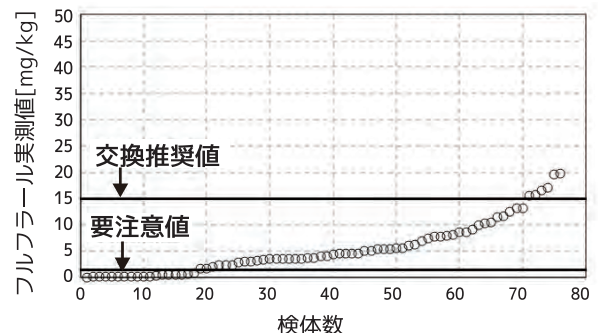


図5 採取油のフルフラール実測値(n = 76)

4.2 熱加速油

同一環境下でフルフラールが増加した検体を作成するため、熱加速劣化試験を行った。今回の試験では、ヘッドスペースボトルの中に油入変圧器の内容物を模擬した材料を入れ、定温乾燥機(アズワン：ONW-300S)内に設置して90℃で加熱することで、6個の検体を作成した。試験の様子を図6に、熱加速日数に対するフルフラール実測値を図7に示す。試験の結果、熱加速日数増加に伴いフルフラール含有量は増加傾向を示し、最大で9mg/kgの検体を得ることができた。



図6 熱加速劣化試験

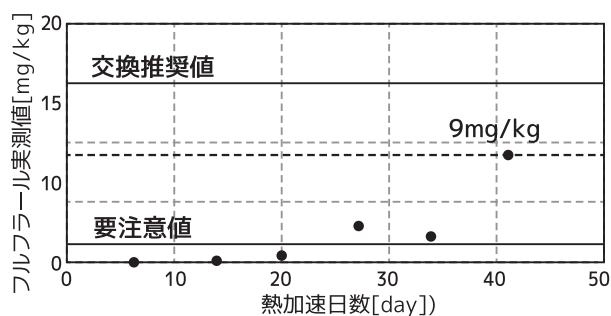


図7 熱加速油のフルフラール実測値(n = 6)

4.3 フルフラール添加油

新油(JXTGエナジー製、高圧絶縁油A)とフルフラール(ナカライテスク、純度98 v/v%、CAS RN：98-01-1)を、攪拌機(新東科学株式会社製：BLW1200)を用いて0.4、0.8、1.2、1.6、2.0 v/v%の濃度で混合し、5個のフルフラール添加油を作成した。

5 フルフラール含有量の推定

近赤外分光法を用いたフルフラール含有量の推定手法とそれに伴う説明変数の選択、および推定結果について示す。

5.1 推定手法

重回帰分析をする際、説明変数間で相関が高い変数があると、回帰の推定精度が悪くなることがある。これは多重共線性と呼ばれる問題である。赤外領域は、有機物の官能基に関する情報に基づいているため、吸光度スペクトルの中に同じ官能基の情報が複数含まれる。また、説明変数が100以上になり、どこかの変数間の相関関係で推定精度の低下が発生する可能性が高い。

この問題を解決する手法として、PLS回帰(Partial Least Squares Regression)が知られている⁽⁴⁾。

PLS回帰は、説明変数同士を組み合わせることで新たな変数(潜在変数)を作成し、潜在変数間を直交させることで変数間の相関をなくし、多重共線性の問題を回避できる手法である。さらに、PLS回帰では、説明変数だけでなく目的変数(今回はフルフラール)との相関も考慮して、推定精度が良くなるように潜在変数を作成することができる。

以上の理由より、今回はPLS回帰を採用した。

5.2 吸光度スペクトルの測定

近赤外分光センサ(浜松ホトニクス製：C15511-01)で絶縁油検体の吸光度スペクトルを測定した。吸光度スペクトルと二次微分処理した吸光度スペクトルの例を図8に示す。今回使用する近赤外分光センサからは、検体ごとに波数4,000~10,000cm⁻¹の範囲で約17cm⁻¹ずつ、計359個の吸光度が得られる(赤外領域の吸光度スペクトルでは1cmあたりの波長の数を示す波数cm⁻¹が一般的に用いられる)。

吸光度スペクトルでは、分子構造の変化がピークとして表れる。増加すると上に凸となる。二次微分処理を行うことで、縦軸のずれが補正でき、重なったピークが分離できる可能性がある。一般にピークが判別しやすくなると言われている。処理前(原スペクトル)で上に凸のピークは、二次微分することにより下に凸のピークとして観察される。図8中に6500~6900cm⁻¹の吸光度スペクトルを拡大した例を示す。二次微分処理により、ピークが表れる波数と吸光度の差が判別しやすくなっていることが分かる。今回のPLS回帰では、二次微分スペクトルを用いて検証を行う。

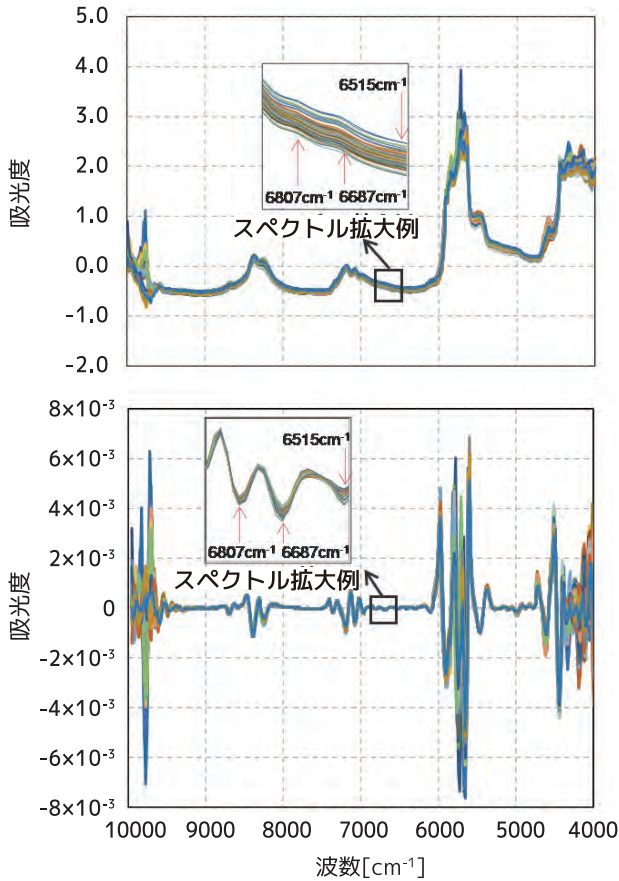


図8 採取油76検体の近赤外吸光度スペクトル (上：原スペクトル、下：二次微分スペクトル)

5.3 説明変数の選択

PLS回帰で入力する説明変数として、波数4,000～10,000 cm^{-1} の範囲で得られた359個のデータ全てを入力することもできるが、フルフラールと関係ない情報が入ることで、推定精度が低下する可能性がある。他のPLS回帰の例では、回帰に使用する説明変数を選択することも推奨されている^{(6)～(8)}。説明変数を選択する手法として、波数ごとの吸光度とフルフラール含有量の相関係数を算出し、相関係数をしきい値として、説明変数を選定した。

採取油(76検体)、熱加速油(6検体)、フルフラール添加油(5検体)の3種類の検体それぞれで波数ごとの吸光度とフルフラールの相関係数を算出し、相関係数をしきい値として変化させたときの説明変数の数を図9に示す。しきい値の絶対値を大きくするほど、説明変数の数は少なくなる。図9にプロットした全パターン(採取油7パターン、熱加速油7パターン、フルフラール添加油11パターン、全ての波数を用いる1パターン、計26パターン)の説明変

数の組み合わせで、網羅的にフルフラール含有量の推定モデルを作成し、検証を行った。

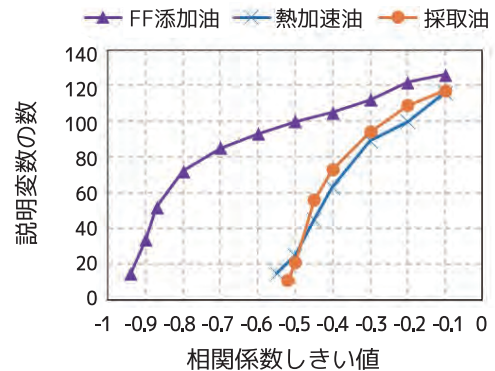


図9 相関係数と説明変数の数と関係

5.4 推定結果

採取油76検体のうち62検体を学習データ、14検体を評価データとしてフルフラール含有量の推定を行った。

5.3節で設定した説明変数の組み合わせ26パターン(採取油7パターン、熱加速油7パターン、フルフラール添加油11パターン)のフルフラール含有量推定に対する回帰決定係数 R^2 を図10に示す。 R^2 が1に近いほど、実際のデータに当てはまっていることを示す。説明変数の数が多ければ R^2 が高くなるわけではないことが分かる。採取油、熱加速油では説明変数の絞り込みで全波数を使う場合よりも精度が向上する説明変数の組み合わせが確認できた。一方で、フルフラール添加油では全波数の推定精度を上回することはなかった。フルフラール添加油では、絶縁油以外で変圧器に用いられる材料の情報がない。先に述べた通り、フルフラール生成時には多数の物質が併せて生成されるため、それらの情報を用いることで精度が向上している可能性がある。

最も R^2 が高かった採取油(説明変数73個)の説明変数の組み合わせのフルフラール含有量推定結果を図11に示す。横軸が従来法によるフルフラール実測値、縦軸がPLS回帰による推定値である。

5mg/kg付近で若干誤差が大きくなったが、全体的には実測値増加に伴い推定値も増加する傾向が出ており、大まかに良否を判定できる、精密診断につなげるためのスクリーニングとしての劣化診断は可能と判断した。

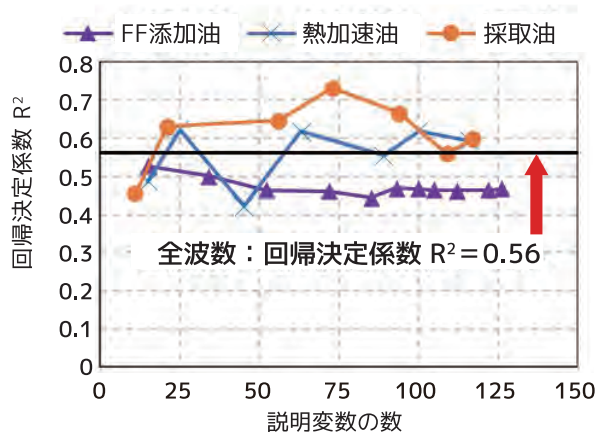


図10 説明変数の数と回帰決定係数R²の関係

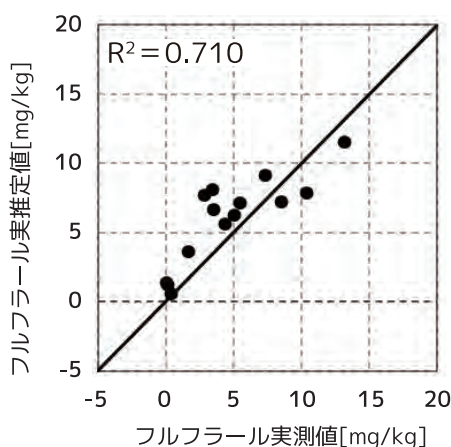


図11 フルフラール実測値と推定値

6 油入変圧器の現地診断装置

6.1 装置概要

(1) 診断装置の仕様と外観

前章までの検討の結果、市販装置のサイズ・価格面で現場向きの機器構成が可能な近赤外領域で、フルフラール含有量が推定できることがわかった。そこで、近赤外分光センサを組み込んだ持ち運びが可能な現地診断装置を開発した。油入変圧器の現地診断装置は、絶縁油の分光測定器と自社開発した診断ソフトがインストールされた端末で構成される。現地診断装置の外観を図12、現地診断装置のうち分光測定器の仕様を表2に示す。測定器はバッテリー、AC電源どちらでも稼働可能で、市販のキャリーケースに収納可能である。端末は、WindowsタブレットあるいはノートPCを使用する。使用する容器は市販のスクリー管瓶(2ml)である。これは、従来業者にフルフラール分析を依頼する採油量(200ml程度)と比較すると1%程度である。絶縁

油の採油量が微量になることで、採油の作業効率が向上し、絶縁油の消費量を削減することで環境負荷を低減できる。

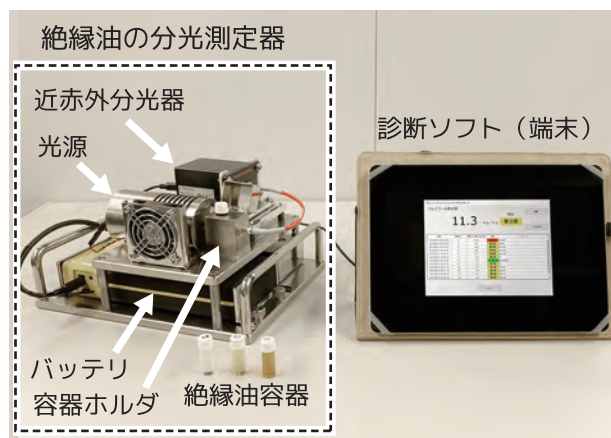


図12 油入変圧器の現地診断装置

表2 分光測定器の機器仕様

項目	内容
近赤外分光センサ	C15511-01
光源	タングステンランプ
絶縁油容器	スクリー管瓶
バッテリー駆動時間	2時間
サイズ (mm)	270 × 147 × 210
重量	7 kg

(2) 分析の流れと診断ソフト概要

分析の流れを図13に、診断ソフト画面を図14に示す。図14の赤丸の番号をつけた箇所を説明する。

- ① 測定ボタン：押下するとフルフラール含有量推定を開始する。1分程度で推定が完了する。
- ② 結果表示：推定が終わると、自動的に推定値が表示される。
- ③ 判定表示：良 (1.5mg/kg未満)、
要注意 (1.5~15mg/kg)、
交換推奨 (15mg/kg超過)
の3段階評価を自動的に行う。
- ④ 測定履歴表示：過去に測定した結果を測定日時と共に表示する。コメントも追記可能。
- ⑤ ファイル出力ボタン：④のデータ+装置温度、吸光度スペクトルデータ等を一括で出力する。
- ⑥ メニューボタン：分光器センサ設定、入力データと比較するためのリファレンス (空容器) データの測定が可能。

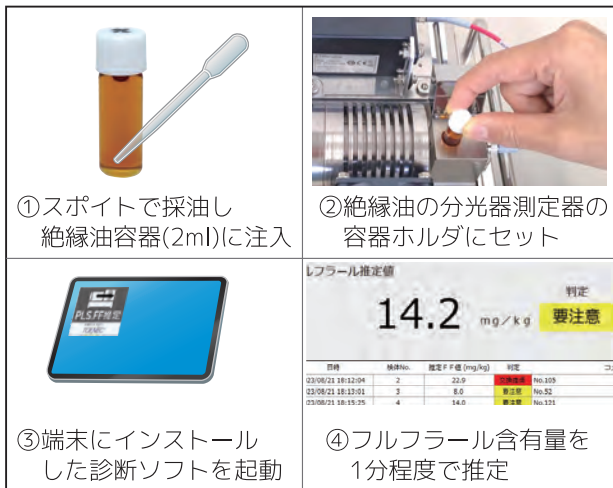


図13 分析の流れ



図14 診断ソフト画面

6.2 フィールドテストの実施と推定結果

お客さま設備の油入変圧器3台の年次点検時に、油入変圧器の現地診断装置のフィールドテストを行った。装置のセッティングから、フルフラール推定まで10分以内の実施できた。これは、現地診断の作業時間としては十分許容範囲と考える。また、フィールドテストの測定結果の推定精度は、評価データの精度から大きく逸脱するものはなく、許容範囲と判断した。

7 おわりに

油入変圧器の劣化指標であるフルフラール含有量の測定において、測定結果を得るまでの時間や測定手法の専門性に課題があった。こうした課題を解決するために、本研究では、分光情報に基づいて微量な絶縁油量でフルフラール含有量を数分程度で推定

可能な可搬型の現地診断装置を開発した。

本装置は、当社独自の診断手法であり、従来手法より安価な簡易診断としてお客さまに提案することで、既存顧客での定期診断の実施、ひいてはフルフラール含有量の傾向管理から更新提案につなげることもできる。

【謝辞】

今回、絶縁油の採油にご協力頂いた営業本部お客さまサービス部保安センターと、共同研究という形で分光分析全般におけるアドバイスを頂いた、国立大学法人三重大学大学院生物資源学研究所 橋本篤先生および大学院地域イノベーション学研究所 末原憲一郎教授に感謝の意を表す。

【参考文献】

- (1) 経済産業省、資源エネルギー庁「変圧器の現状について」(2022)
- (2) 電気協同研究会：「油入変圧器の保守管理」、電気協同研究、第54巻、第5号、その1、(1999)
- (3) 築山 光一、星野 翔麻「紫外可視・蛍光分光法」日本分光学会、(2021)
- (4) 尾崎 幸洋「近赤外分光法」日本分光学会、(2015)
- (5) 古川 行夫「赤外分光法」日本分光学会、(2018)
- (6) 小平 正和、澁澤 栄「トラクタ搭載型土壌分析システムの多項目多変量回帰モデル推定と土壌マッピング」農業食料工学会誌、78巻5号pp.401-415 (2016)
- (7) 巖 路、Matheus de Souza Escobar、金子 弘昌、船津 公人「変数領域選択と適用範囲を考慮した土壌成分値予測のための非線形モデル開発」ケモインフォマティクス討論会予稿集、2016巻 (2016)
- (8) 金子 弘昌、船津 公人「波長領域選択手法を応用したソフトセンサー手法の開発」Journal of Computer Chemistry, Japan, 11巻1号 pp.31-42(2012)

電設資材契約金額の査定支援システム開発

技術研究開発部
研究開発グループ
三井 佑悟



1 はじめに

電気設備資材（以下、「電設資材」という）には、照明器具や盤などのお客さまの要求仕様に合わせた機器（以下、「特注機器」という）がある。それらを購入するまでに、特注機器のメーカーや販売代理店との契約金額を査定する業務がある。

この査定業務は担当者の経験に頼るところが大きく、経験の浅い若手担当者は妥当な契約金額の把握に時間を要していた。また、担当者によっては契約金額にバラツキが出るため、その解消が課題であった。

そこで、査定業務を支援するために、AI（人工知能）などの技術を活用して、当社の購買システムに蓄積された過去の契約実績データを元に、特注機器の妥当な契約金額を自動的に推定するシステム（以下、「査定支援システム」という）を開発した。

2 査定業務の現状

現状の査定業務フローを図1の左に示す。

「受注前査定」とは、購買部署の担当者が当社の過去の契約実績を元に、NET見積金額（販売代理店などの一次値引き金額）の妥当性を工事受注前に確認する業務である。

「受注後査定」とは、メーカーや販売代理店および契約金額を決定する為に、相手方担当者と直接値引き交渉を行う業務である。

当社の電設資材の分類を図2に示す。受注前査定では、購買担当者は仕訳単位で、査定対象の電設資材と同一条件（メーカーなど）の契約実績データから「掛け率（＝契約金額／見積金額）」の平均値などを算出し、査定対象の掛け率（＝NET見積金額／見積金額）と比較することでNET見積金額の妥当性を確認している。

3 査定支援システムの開発方針

査定支援システムの開発では、従来と同様に掛け率を基にした妥当性確認作業ができるように、図1

の右のように査定対象の電設資材の入力情報からそれに対して妥当な掛け率を自動推定して出力する仕様とした。また、推定した掛け率に見積金額を乗じ、契約金額の推定値も出力する。

実際の査定支援システムの運用は次のようにした。

- ① 掛け率推定に必要な情報の入力には積算部署の担当者が行う。
- ② 出力された推定値を購買部署による受注前査定の代わりに使用する。
- ③ 購買部署の担当者は、出力結果を受注後査定の値引き交渉時の根拠などにも活用する。

そこで、電設資材の情報を入力する作業の簡素化や、システムからの出力結果の視認性を高める仕組みも搭載した。

これにより、過去の実績に基づいた契約金額推定値を瞬時に把握できるとともに、購買部署の労力削減や査定業務の標準化による担当者ごとのバラツキ軽減も期待できる。

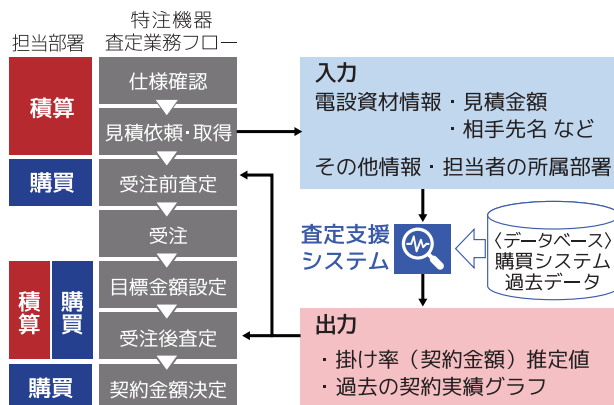


図1 査定業務のフローと査定支援システムの役割

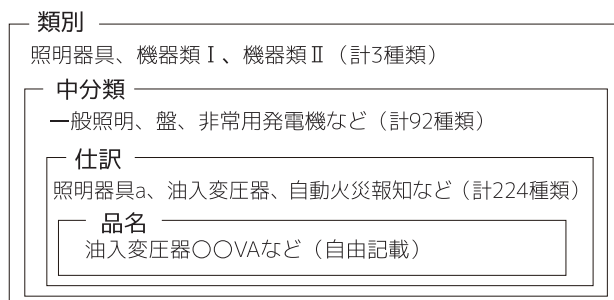


図2 当社における電設資材の分類

4 掛け率推定手法の適用性検証

4章では、掛け率を推定するために考案した2種類の手法について、推定条件の選定、推定精度の検証、実務への適用可否判定の結果について報告する。

4.1 推定手法の考案

(1) 機械学習による推定（学習型AI）

機械学習は、仕訳ごとに見積金額やメーカーなどの入力項目（以下、「特徴量」という）と掛け率の関係性を過去データから自動で学習し、掛け率を推定する数式（以下、「モデル」という）を構築する。このモデルに新たに特徴量を与えると、それに応じた掛け率を推定できる。

(2) ロジックベースによる推定（ロジック型AI）

上記（1）の機械学習で実用的な推定精度を確保するには、少なくとも数百件程度のデータ件数が必要である。よって、契約実績が少ない電設資材には適用できないため、そのような電設資材でも推定可能なロジックを契約実績データの統計分析結果などから構築した。

4.2 掛け率推定に使用する項目の選定

掛け率推定に利用できる項目は、メーカーや販売代理店から見積りを取得した時点で把握可能な項目である。

今回分析の対象とした購買システムデータの中で、上記の条件を満たす項目を表1に示す。これらを用いて、学習型AI及びロジック型AIの掛け率推定に使う項目を選定する方法を以下に示す。

4.2.1 学習型AIの推定に使用する項目

(1) モデル構築用ツール

学習型AIモデルの構築には市販ツールの「DataRobot」を活用した。DataRobotでは、特徴量と推定対象を決め、モデル構築のための学習に契約実績データ（学習データ）を使用すれば、多数の機械学習アルゴリズムの中から適切なものを自動で選択できる。

また、DataRobotでは、推定対象に与える各特徴量の影響度を「特徴量のインパクト」として定量的に評価できる。その値は、推定への影響が最も大きい特徴量の影響度を100%として、その他特徴量の影響度を相対的に数値化したものである。

(2) 学習型AIの特徴量の選定手順

学習型AIの特徴量選定手順の一例として、2016年度から2021年度の「照明器具a（仮称）」の契約

実績データを用いた手順を示す。

① データの準備

購買システムから照明器具aの契約実績データを抽出し、学習データとテストデータ（構築したモデルの評価に使うデータ）に分割する。使用したデータを表2に示す。

② モデル構築

DataRobotに学習データを与え、モデルを構築する。

③ 特徴量のインパクトの出力

DataRobotにて特徴量のインパクトを計算する。計算結果を図3に示す。

④ 特徴量の絞り込み

図3の結果から、推定への影響度が低い特徴量を統計的手法を用いて除外する。

照明器具aにおいて、上記の処理を実行した結果、表3のように特徴量をセット1の9項目から、セット2の4項目まで絞り込んだ。このとき、絶対値誤差率が9.4%から10.2%に増加したが、統計的な有意差はない。

表1 掛け率推定の特徴量候補一覧

項目名	内容
見積金額	見積書に記載された定価ベースの見積金額
メーカー名	各種資材を製造するメーカー名
相手先名	各種資材の販売代理店名
部支店名	各種資材の査定を実施した当社の部支店名
決裁日	各種資材の査定が完了した年・月 ※実際の予測では、予測時点の年・月を入力する
新設・既設区分	各種資材を使用する建物の新設・既設区分
施設用途名	各種資材を使用する建物の施設用途名
元請・下請区分	各種資材を使用する工事における当社の請負形態

表2 「照明器具a」のモデル構築検証内容

分析対象データ	学習データ	2016～2020年度のデータ(n=760)
	テストデータ	2021年度のデータ(n=115)
機械学習アルゴリズム	リッジ回帰	

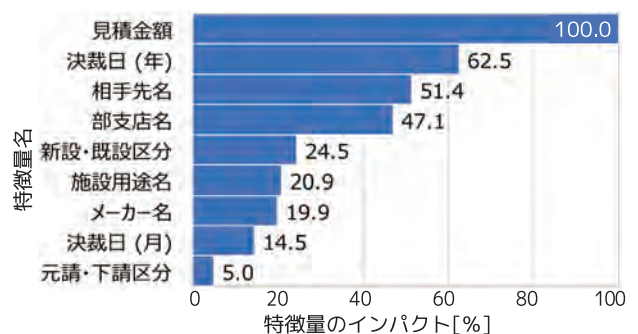


図3 「照明器具a」における特徴量のインパクト

4.2.2 ロジック型AIの推定に使用する項目

(1) 掛け率推定ロジックの考案

上記4.2.1の結果などから、いずれの仕訳においても、見積金額が掛け率推定に最も影響し、その他項目は仕訳ごとに影響度に差異があることを確認した。このような特徴を勘案し、図4の推定ロジックを構築した。

図4の※印で示した「推定対象と同一条件」とは、掛け率推定対象の電設資材の条件（例えば、メーカー名、相手先名、部支店名など）のいくつかが契約実績データと一致することである。

この同一となる条件を増やすと、契約実績データから抽出したデータが推定対象の条件に近づくので推定精度が向上する。その一方で、抽出条件に一致する契約実績データは少なくなり、推定精度の信頼性が担保できなくなる。したがって、抽出データが5件未満の場合は推定を実行しない仕組みとした。

(2) 掛け率推定用データ抽出条件の選定

このロジックでは、推定精度と抽出条件数がトレードオフの関係にある。そこで、「推定精度」と「推定の実行」を可能な限り担保した抽出条件を仕訳ごとに選定するために以下の分析を実施した。ここでは「自動火災報知機」を例にして示す。

① 分析用データの用意

抽出対象データとテストデータを用意する。

② 見積金額による掛け率への影響を低減

一定の金額範囲のデータのみを抽出し、見積金額による掛け率への影響を低減する。自動火災報知機では、10,000円～100,000円とした。

③ 項目ごとに推定への影響有無を確認

項目ごとに推定への影響有無を統計学的検定法で判定し、影響がある項目を抽出条件の候補とする。自動火災報知機では、部支店、メーカー名、相手先名の3つが候補となった。

④ 推定への影響が最も大きい抽出条件を選定

各抽出条件候補を1つずつ図4のロジックに適用し、テストデータに対する絶対値誤差率中央値が最も小さくなる条件を確認する。自動火災報知機では、「相手先名」が該当し、これを1つ目の抽出条件とする。

⑤ 2つ目以降の抽出条件を選定

上記④で選定した相手先名の中で1つの要素「相手先A」のデータのみを抽出する。これにより、相手先名による掛け率への影響を無くした状態で①から再度実行する。なお、③で抽出条件の候補がなかった場合、本分析を終了する。

上記①から⑤の結果、自動火災報知機では、相手先名と部支店名をロジック型AIによる掛け率推定の抽出条件とした。

4.3 掛け率推定機能の適用性評価

(1) 学習型AIとロジック型AIの精度比較

構築した学習型AIとロジック型AIの掛け率推定精度を比較し、仕訳ごとに各AIの優位性を評価した。

各AIの絶対値誤差率の中央値と、その間の有意差の有無を統計学的検定法で判定した結果の一例を、表4に示す。

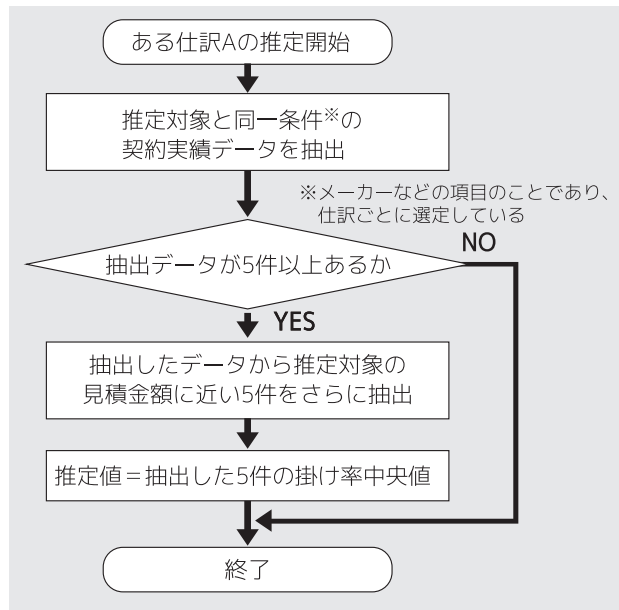


図4 ロジック型AIの推定手法

表3 「照明器具a」の特徴量選定結果

特徴量のインパクト順位	特徴量セット1	特徴量セット2	
1	見積金額	見積金額	
2	決済日(年)	決済日(年)	
3	相手先名	相手先名	
4	部支店名	部支店名	
5	新設・既設区分		
6	施設用途名		
7	メーカー名		
8	決済日(月)		
9	元請・下請区分		
推定精度	絶対値誤差率中央値[%]	9.4	10.2
	標準偏差[%]	10.7	10.2

表4より、照明器具aにおいて、ロジック型AIよりも学習型AIの絶対値誤差率中央値が小さく、有意な差であった。

一方、油入変圧器と自動火災報知機では、絶対値誤差率に有意な差は確認できなかった。この場合、学習型AIの推定にかかるコスト（DataRobotのサー

バ使用料など)を考慮して、ロジック型AIの優位性があると判断した。

(2) 従来手法との精度比較

従来までの購買担当者が経験則などから受注前に査定した金額(以下、「従来推定」と)と、上記(1)で優位性があったAIによって推定した金額(以下、「AI推定」という)の最終的な契約金額との絶対値誤差[千円]をそれぞれ算出した。その結果の一例を図5に示す。

図5は絶対値誤差を箱ひげ図で示したものであり、このグラフから従来と同等の査定可否(AI適用可否)を購買担当者の経験則から定性的に判断した。図5では、照明器具aと油入変圧器は可、自動火災報知機は不可とした。

この結果、2023年11月時点で、学習型AI、ロジック型AIによる推定機能をシステムに搭載した仕訳を表5に示す。

5 電設資材情報入力作業の簡略化

掛け率推定に必要な情報の入力作業を簡略化する

表4 学習型AIとロジック型AIの精度比較

仕訳名	推定に使用した項目		テストデータ件数[件]	絶対値誤差率中央値[%]		有意差有無	優位性がある手法	
	学習型AI(特徴量)	ロジック型AI(抽出条件)		学習型AI	ロジック型AI		学習型AI	ロジック型AI
照明器具a	●見積金額 ●相手先名	●相手先名 ●部支店名	202	8	21	有り	○	
油入変圧器	●メーカー名 ●部支店名	●相手先名 ●メーカー名	289	8	7	無し		○
自動火災報知機	●決裁年	●相手先名 ●部支店	271	28	27	無し		○

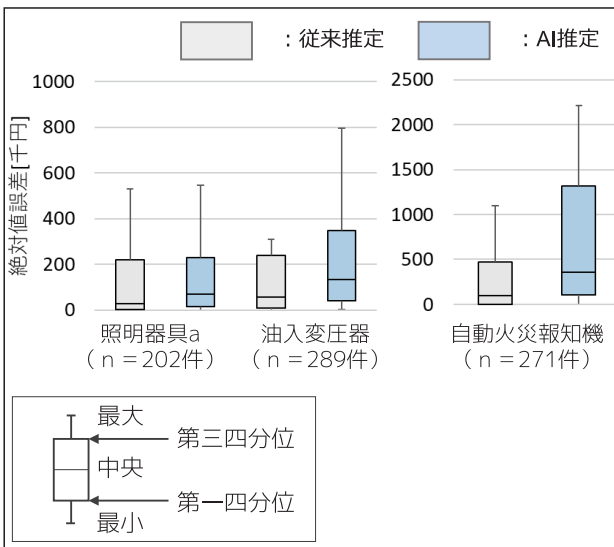


図5 従来推定とAI推定の精度比較

ために、現状当社積算システムに入力している各種電設資材の情報を査定支援システムでも活用できる仕組みとした。この仕組みの概要を図6に示す。

図6の①から⑦の矢印(データの流れ)について以下に記載する。

- ① 見積書などに記載されている各種電設資材の情報を積算システムに入力する。
- ② 上記①で入力した情報を積算システムから材料一覧表としてCSV出力する。
- ③ 材料一覧表は品名単位の情報であるが、掛け率は仕訳単位で推定するので、Excelのマクロ処理により自動変換する。
- ④ 上記③で作成したExcelファイルを査定支援システム上で選択する。
- ⑤ システムを使用する積算または購買担当者の所属する部支店名を自動で抽出する。
- ⑥ 掛け率推定を実行した年月日を自動で抽出する。
- ⑦ 学習型AI及びロジック型AIの推定結果を査定支援システム内で表示する。

表5 システムに推定機能を搭載した仕訳一覧

学習型AI	照明器具a、照明器具b、照明器具c、照明器具d、照明器具e、照明器具f、高圧気中開閉器(計7種類)
ロジック型AI	キュービクル、油入変圧器、油入コンデンサリアクトル、モールド変圧器、バスダクト(AI)、油入コンデンサー、非常用ディーゼル発電機、直流電源装置、太陽光発電(計9種類)

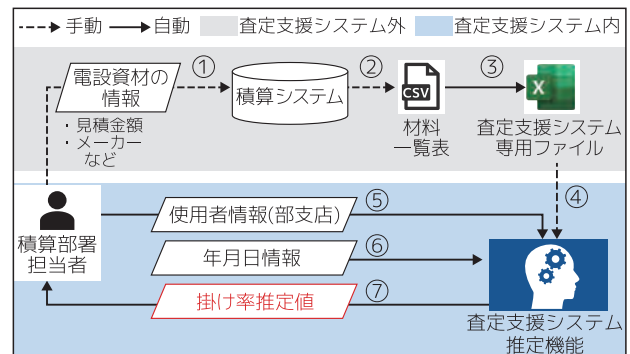


図6 電設資材情報の入力作業簡略化の仕組み

6 出力結果の表示方法

6.1 掛け率推定結果の表示

査定支援システムは、前述した学習型AIとロジック型AIによる掛け率推定結果を表6の形式で表示する。表6の各行が1つの仕訳に関する情報であり、推定された掛け率を基に積算部署の担当者が受注前査定金額を決める。

6.2 契約実績データのグラフの表示

査定支援システムでは、表6中の「関連グラフ」アイコンを押下することで、押下した行の仕訳に関する次の2種類のグラフを表示できる。

(1) 見積金額と掛け率の散布図

掛け率に最も影響を与える見積金額と掛け率の関係として図7の散布図を表示する。また、学習型AIまたはロジック型AIの掛け率推定結果を異なるマーカーで表示することで、推定結果と過去実績を比較し、推定結果の妥当性有無を容易に判断することができる。

(2) 掛け率のヒストグラム

該当する仕訳のヒストグラムを相手先別またはメーカー別に表示する。このとき、図8のように過去の契約実績データが多い上位5つの相手先またはメーカーを表示する。これは、電設資材を購入するメーカーや相手先の選定に役立つ。

これらのグラフを参考にすることで、自動火災報知機などの掛け率推定が実行されない仕訳でも、過去の契約実績を短時間で把握し、担当者は掛け率を決定することが可能である。

7 作業時間削減効果の評価

開発した査定支援システムを当社積算部署で試用した結果、短時間で受注前査定が完了することを確認した。査定支援システム活用による年間の査定時間削減効果は、表7の試算条件とすると次式により、2000h/年であった。

$$1[h/件] \times 2,000[件/年] = 2,000[h/年]$$

表6 掛け率推定結果の表示画面

仕訳名	ロジック型AI 掛け率	ロジック型AI 算出金額[千円]	学習型AI 掛け率	学習型AI 算出金額[千円]	関連グラフ	受注前 査定掛け率	受注前 査定金額[千円]	受注後 査定掛け率	受注後 査定金額[千円]
■■■■■	43.5%	■■■■■	37.5%	■■■■■		40.0%	■■■■■	40.0%	■■■■■
■■■■■	39.1%	■■■■■	28.2%	■■■■■		24.9%	■■■■■	24.9%	■■■■■
■■■■■	23.1%	■■■■■	23.7%	■■■■■		14.8%	■■■■■	14.3%	■■■■■

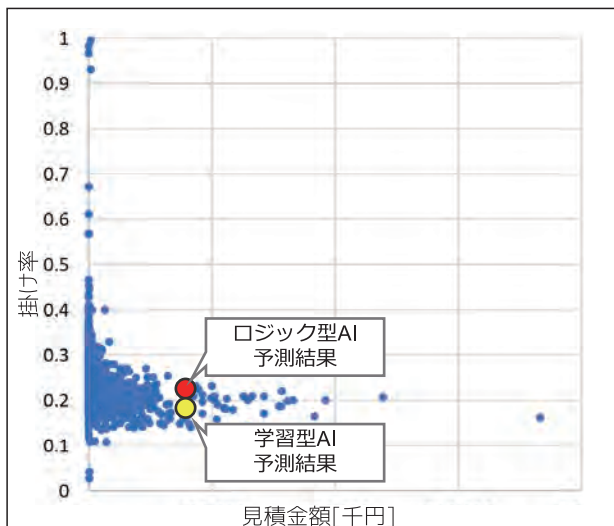


図7 見積金額と掛け率の関係性(照明器具a)

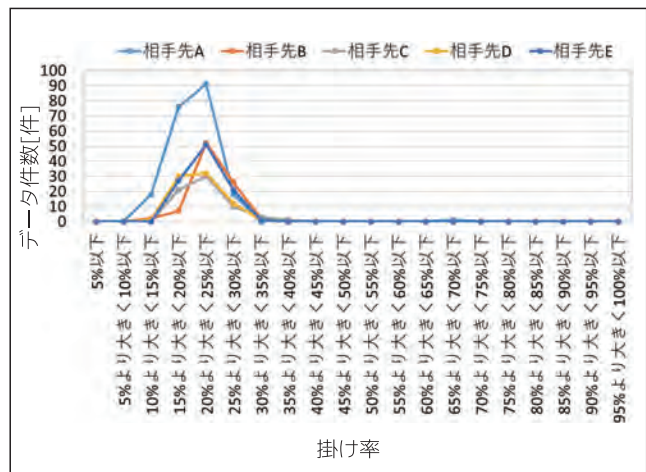


図8 相手先別の掛け率ヒストグラム(照明器具a)

表7 作業時間削減効果試算条件

試算条件	設定値
受注前査定業務を削減可能な時間	1 h/件
全社における年間当たりの受注前査定件数（2021年度ベース）	2,000 件/年

8 今後の課題と対応策

本システムの積算部署での試用により、以下の課題が見つかっている。

(1) 当社基幹システムとの連携

査定支援システムと当社積算システム、購買システムに電設資材の内容や査定結果などの同じ情報を入力する必要がある。

今後、これらの重複作業をなくすことが課題であり、そのために積算システム及び購買システムとデータ連携することが有効である。

(2) 掛け率推定精度の向上・推定対象の拡大

今回は当社購買システムのデータのみを活用して、掛け率推定手法を検証した。しかし、実際には営業段階の情報（得意先の案件など）や、詳細な材料仕様、経済情勢など様々な要因が影響して掛け率が決まっている。

これらの情報を購買システムのデータと紐づけることや、経済情勢の指標データの調査などを実施し、さらなる推定精度向上に取り組む。これにより、掛け率推定の対象となる電設資材を拡大する。

9 おわりに

電設資材の中でも特注機器の査定業務を効率化及び標準化するために、自動で契約金額の推定値を出力するシステムを開発した。このシステムを社内展開した場合、受注前査定の時間を年間約2,000時間削減可能と試算した。

今後は、前述の課題を解決することで、将来的な全社展開を目指す。

資機材管理業務効率化システムの開発

中部本部内線部
工事第一グループ
西山 裕之



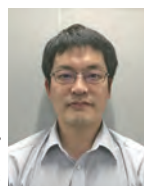
技術研究開発部
研究開発グループ
山本 達也



技術研究開発部
研究開発グループ
伏見 文弥



中部本部内線部
工事第一グループ
大石 英統



1 はじめに

建設現場で日々はたらく施工担当者は、現場で使われる資材や仮設材（以下、資機材）の管理を行っている。しかし、資機材の管理業務は担当者にとっての負担が大きくなっており、時間外労働の増加などの大きな問題を引き起こす要因となっている。

これを解決する目的で、現在、資機材管理業務を効率化するシステムの開発を、内線統括部・中部本部・技術研究開発部の3つの部署の共同により実施している。

本稿では、その成果として、実際の建設現場にて実施した、市販の物品管理システムの検証試験の結果について、以下に報告する。

2 資機材管理業務の効率化に関する検討

2.1 現状の課題

工事現場では様々な資材や仮設材（以下、資機材）が使用される。特に大規模な現場では、様々な工事業者が使用する資機材の数は膨大となり、正確に資機材管理情報を把握するためには多大な時間と労力が必要となっている。

このような状況下で、実際に資機材管理業務を行っている現場担当者からは、業務効率化実現のために改善すべき課題として、以下の点が挙げられている。

- ① 管理業務は、各作業員の工事作業終了後に実施する必要があるため、時間外労働を強いられること
- ② 資機材の所在が分からない場合、探索時間が長時間となること
- ③ 資機材の所在情報は、現地にて手書きのメモで起こしているため、事務所に戻り再度PCに入力する手間が発生していること

- ④ 資材置場（写真1）など、目的の資機材が他の機材と混在している場合に、発見が困難であること

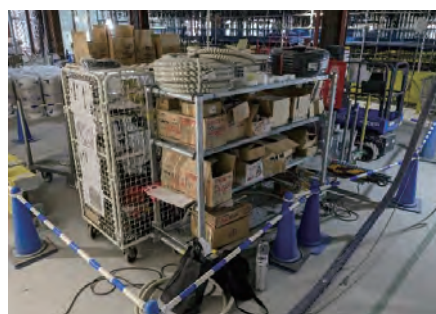


写真1 資材置場

2.2 効率化のための要件

前項の各課題に対し、対策方法を検討した。その結果を整理し、資機材管理業務の効率化に必要な要件について、以下のとおり定義した。

- ① 時間外労働削減：就業時間内に業務実施可能
- ② 長時間探索：位置情報が常時閲覧可能
- ③ 情報の手入力：情報を自動で記録
- ④ 資機材発見困難：物品を探索する装置の活用

2.3 要件達成のための手段

前項で定義した要件を全て実現できる手段について、活用できそうなデバイスや、さまざまな市販システムについての調査を行った。

その結果、ビーコン（一定の時間間隔に無線信号を発する装置）やRFID（無線通信型の非接触ID）などの機器を活用した物品管理システムであれば、各要件の達成が可能ではないか、と判断した。

2.4 システムの選定

物品管理システムを詳細に調査していくと、その種類が大きく2つに分かれることがわかった。

一つは「アクティブタイプ（図1）」であり、装置に取り付けたビーコンが位置情報を自動で送信す

るものである。物品の見回りが不要で、常に最新の位置情報を閲覧可能というメリットがある反面、ビーコンは高コストで、バッテリー管理が必要なこと、電子機器のため劣悪な環境での使用に不向きであること、であることなどのデメリットもある。



図1 アクティブタイプ概念図

もう一方は「パッシブタイプ（図2）」であり、物品に取り付けたRFIDタグを、読み取り装置であるRFIDリーダを使用して読み取り、タグ情報を物品位置情報として記録するシステムである。シンプルな構造のRFIDタグ（写真2）は低コストで耐候性があり、バッテリー管理が不要というメリットがある。しかし、タグ自身は電波送信を行わないので都度巡回する必要がある。



図2 パッシブタイプ概念図



写真2 RFIDタグ（シールタイプ）

建設現場でのシステム使用を想定した場合、劣悪な環境での故障や紛失が懸念されるため、高コスト

なビーコンを使用するアクティブタイプの採用は難しいと判断し、パッシブタイプを選定することとした。

3 資機材管理システムの検証試験

3.1 使用システム概要

今回の検証は、株式会社ワイズ・ラブが提供している物品位置管理IoTサービス「Xeye（クロスアイ）」の「Type-B（タイプビー）」（以下「本システム」）を使用して実施した。本システムは、RFIDを用いたパッシブタイプの物品管理システムである。

特徴は、管理対象である各資機材に取り付ける“物品タグ”と、位置情報取得のため各所に設置する“位置タグ”の2種類のRFIDタグを使用し、双方のタグをRFIDリーダ（写真3）で同時に読み取ると、物品タグに位置タグ情報が紐づけられ、物品位置情報としてクラウドに保存されるものである



写真3 RFIDリーダ

本来、倉庫内物品の棚卸しや入出庫管理向けとして開発された本システムであったが、建設現場での活用に向け、課題の抽出を行うため、現場での検証を行うこととした。

3.2 検証フィールド

検証の現場は、豊田市に位置する事務所・研究施設の新築工事を選定した。

当社施工の事務所棟（延床面積 26,237m²）と、他協力会社施工の研究棟（44,896m²）からなり、総延床面積71,133m²の大規模施設である。

(1) 建物概要

場所 : 愛知県豊田市
 構造 : S造 地上4階

(2) 設備概要

受電方式 : 架空引込、高圧6.6kV
 設備容量 : 1φ3W 750kVA×1台、
 3φ3W 500kVA×1台・
 1000kVA×5台
 発電機 : 定格出力625kVA

3.3 検証試験準備

まず、RFIDタグシールを管理したい物品に貼り付けた。検証では、写真4のような踏み台や立ち馬、高所作業車などにタグ付けを行った。

次に、位置タグ配置を行った。本検証では、検証エリア内に等間隔に配置するため、各鉄骨柱の直近に各位置タグを設置した。踏まれたりしても問題がないよう、写真5のようにアクリル板に貼付し、エリア内の鉄骨中の近くに床の上に配置した。

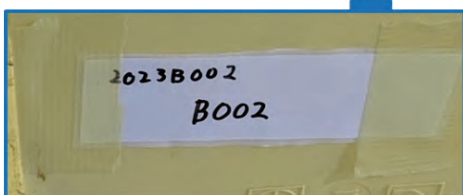


写真4 物品タグ貼り付け状況（踏み台）



写真5 位置タグ設置状況（床面）

全タグの設置後、RFIDリーダを身に付け、管理エリア周辺を巡回（写真6）し各タグの読み取りを

行った。読み取られた情報は、専用サイトを通じてスマートフォンやWebブラウザで確認することができる。



写真6 エリア巡回状況



写真7 物品所在情報画面（Webブラウザ）

3.4 試験結果および得られた課題

検証の結果、本システムが問題なく動作を確認することができた。しかし、建設現場にて本システムを活用するうえでの課題が、いくつか判明した。

(1) 金属への物品タグの貼り付け

金属製品に取り付けた物品タグの読み取りができなかった場合が多くみられた。これは、リーダから出力された電波がRFIDタグ近傍の金属に吸収され、タグの読み取りが安定しなかったと考えられる。

(2) 位置タグの設置方法

位置タグにおいても、読み取りができない場合がみられた。現場での詳細調査の結果、タグを床面に置いた場合にタグの読み取りが不安定となることがわかった。

また、タグが鉄骨柱に遮られて見えない位置からの読み取りが十分に行えないケースがみられた。

3.5 課題に対する改善

(1) 金属への物品タグの貼り付け

物品タグと金属が近づかないような方法を検討し、再度貼り付けを実施した。高所作業車への貼り付けは、本体への直接貼付けではなく垂れ幕などに貼り付けた（写真8）。また、立ち馬など金属部分

以外への貼付が難しいものに対しては、スポンジを介してタグを取り付け（写真9）、金属との直接の接触を避けるよう改善した。

(2) 位置タグの設置方法

①床面配置したタグの読み取り

今回使用したRFIDタグシールは、シール面の垂線方向にリーダがある場合に最も読み取りが安定する。この性質をうまく利用するため、位置タグを床面と並行にするのではなく、写真10のように市販のカード立てを使用し、タグがリーダから読み取りやすい状態を保持できるよう改善した。

②鉄骨柱に遮られたタグの読み取り

位置タグ（同一ID）を2枚に増やし、また、どの方向からでも読み取りやすいよう、写真11のように柱面に垂直となるように配置した。

これらの改善を行った結果、読み取り不良が解消し、システムは安定して動作した。

3.6 さらなる課題

位置タグについては、検証試験の実施中に、他社の作業員がタグの上に荷物を置いてしまったり、別の作業員の足にタグが当たって位置がずれてしまったりと、想定外のトラブルが発生した。



写真8 物品タグ貼り付け方法改善（高所作業車垂れ幕）

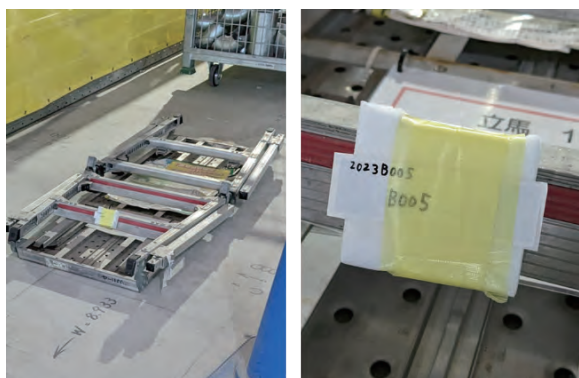


写真9 物品タグ貼り付け方法改善（立馬・スポンジ）



写真10 位置タグ設置方法改善（カード立て）



写真11 位置タグ設置方法改善（タグ2枚・柱面に垂直）

現場担当者からは、「現状の位置タグ配置方法（カード立てを活用）では、現場での運用管理が困難である」との意見もあった。

これを受けて、現在、タグ設置方法の改善や、タグ破損・紛失時の対応方法など、位置タグに関する検討を進めている。

4 まとめ

建設現場での資機材管理業務を効率化するシステムの開発にあたり、市販の物品管理システムの検証を現場にて実施した。その結果、いくつかの課題が判明したものの、対策方法を確立することができ、本システムの建設現場での活用が可能であることを実証することができた。

今後も検証試験を継続して実施し、さらなる課題や改善点の抽出を行っていく。

5 おわりに

今回検証を行うにあたり、部署や会社を越えてご協力をいただいたことに対し、ここに深く謝意を表す。

以上

LPWAを活用したIoTシステムの構築と実証

情報通信統括部
技術・保守グループ
小椋 雅夫



情報通信統括部
技術・保守グループ
高橋 寿男



岐阜支店
情報通信部
情報通信グループ
東 聡志



1 はじめに

急速な普及が予測されているIoT市場において、LPWAを活用した各種センサーの調査及び検証を行い、システム構築に資するノウハウの習得およびIoTの有用性について、評価することを目的に研究を行なっている。

本稿では、行政フィールドおよび社内で行なったLPWA（通信規格：ZETA）を活用したIoTシステムの実証内容を紹介する。

表1 .LPWAの特徴

特徴	内容
低消費電力	電池の利用でデバイスが複数年稼働 電気の引込が困難な場所でも機能
広域	見通しがよければ数kmから10km程度の無線エリアを安価に提供することが可能
低ビットレート	10bps～数百kbps
その他利点	エンドポイント密度が高い ハードウェアコストが安い 接続コストが安い

2 LPWAについて

2-1. LPWAの通信方式と選定

LPWAとは、無線通信規格「Low Power Wide Area」の略称であり、低消費電力と長距離通信を実現するため、低ビットレートで稼働するネットワークである。温度や湿度、照度といった各種センサーはデータ量を必要としないため、広域の無線エリアを安価にカバーするLPWAに注目が集まっている。特に、行政においてはスマートシティ構想の推進や防災のインフラとして、LPWAを用いた無線ネットワークの活用を推奨している。LPWAの特徴を表1に示す。

LPWAは、大きく分けて「ライセンス系」と「アンライセンス系」とに分かれている。ライセンス系は、通信事業者が構築するネットワークであり、SigfoxやELTRESなどがある。アンライセンス系は、企業や個人レベルで構築可能な免許不要のネットワークであり、LoRaWAN、ZETAがある。

本研究では、アンライセンス系を用いることとし、どの通信方式を選定するか表2の比較検討を行なった。

ビジネス展開を考慮し、自営で構築・運用できること、メッシュ構成が可能であるため中継器により伝送距離を延長できることに優位性があると判断し、本研究ではZETAを選定し、システムを構築した。

表2 .比較検討

規格名	LoRaWAN	ZETA
推進団体・企業	LoRa アライアンス	ZETA アライアンス
利用周波数帯	920MHz帯（免許不要）	
帯域幅	125kHz 干渉を避けることが困難	2kHz
端末送信出力	13dBm	13dBm
通信速度	293bps～50kbps Adaptive Data Rate	300/600bps/2.4kbps (プロトコルによる)
トポロジー	スター	スター&メッシュ
運用形態	公衆サービス、自営	自営
日本での商用化	商用あり(SB、ソラコム等) 自営あり	自営のみ (2018年頃から販売開始)
その他	エリア展開遅い	知名度不足

2-2. ZETAプロトコルについて

ZETAでは、低消費電力の典型的な利用シーンに応じて、日本国内では「ZETA-P」、「ZETA-S」、「ZETA-G」の3つのプロトコルが用意されている。「ZETA-G」については、物流管理等に適したGPSやタグによる位置情報を伝送するプロトコルのため本研究では用いず、「ZETA-P」、「ZETA-S」のプロトコルを用いた通信方式にて、実証実験を行なった。プロトコルの特徴を表3に示す。

なお、ZETAの通信距離は、見通しがよければ数kmから10km程度と言われるが、実フィールドでは建物など障害物があるため、実質1km程度である。

表 3.ZETA-P,ZETA-Sの特徴

ZETA-P	ZETA-S
<ul style="list-style-type: none"> ・データが生成されると即座に送信 ・待ち時間が短い ・ZETA-Sより消費電力が大きい ・実証実験・小規模ネットワーク向け ・600bps / 最大 50バイト 	<ul style="list-style-type: none"> ・データがあれば、割り当てられたタイムスロットに送信(時間制御) ・通信衝突の確立を大幅に減らせる ・低消費電力 ・大規模ネットワーク向け ・300bps / 最大 8バイト

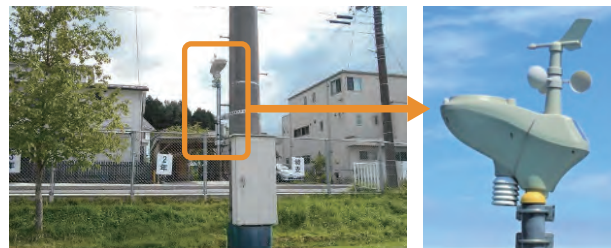


写真 2. 【屋外】マルチ環境センサー

3 行政フィールドでのシステム構築

3-1. 熱中症注意喚起システム

行政フィールドである小学校において、熱中症予防対策として、学校の屋内外で温湿度測定を行ない、職員に対し熱中症を注意喚起するシステムを構築した。構成を図1に示す。

学校内の教室に、ZETAの通信方式を使用した温湿度センサー、校庭にマルチ環境センサーを設置し、測定値から実環境の暑さ指数であるWBGT値を算出して、予め設定した閾値レベルにより、警告灯を点灯させ、学校職員宛てに熱中症警戒アラートをメールで発報したり、クラウド上の見える化サーバーで各所の温湿度状況を閲覧できるシステムを構築した。

データ量の多いマルチ環境センサーを「ZETA-P」方式、データ量の少ない温湿度センサーを「ZETA-S」方式とし、両方式の規格を使用した。センサーの設置状況を写真1、写真2に示す。

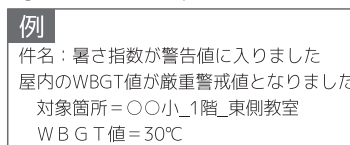
暑さ指数WBGT値が閾値を超えたときに、職員へ注意喚起する方法は、以下の3つである。

- ① 職員室に設置した警告灯で、熱中症の注意喚起
 - ② 学校職員へ、メールにて注意喚起
 - ③ ブラウザにて、各場所の温湿度状況をWEB閲覧
- これらの確認方法を図2に示す。

① 警告灯の確認



② メールの確認



③ 温湿度状況のWEB閲覧



図 2.熱中症注意喚起 確認方法

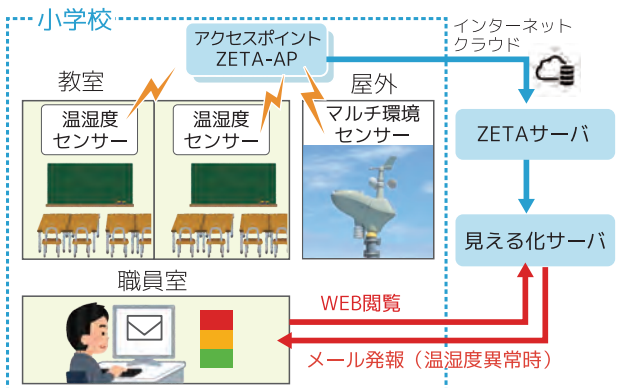


図 1.熱中症注意喚起システム

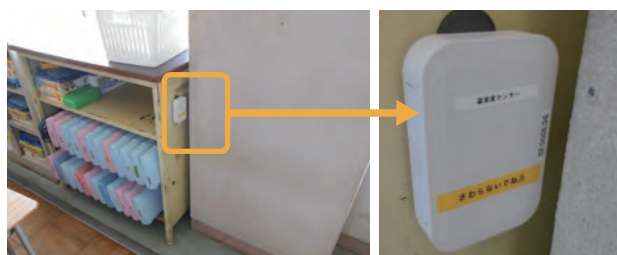


写真 1. 【教室】温度センサー

注意喚起の判断基準は、表4のように、環境の熱中症予防情報サイトを参考に予め決めている。本システムでは、注意喚起する目安として、

屋内では [WBGT値 28℃以上：嚴重警戒、25℃以上：警戒]

屋外では [WBGT値 31℃以上：嚴重警戒、28℃以上：警戒] とした。

この判断基準を閾値として設定し、警告灯点灯、メール発報する仕組みを構築した。警告灯においては、赤色点灯（嚴重警戒）の指標として、屋内では必ずエアコンを稼働、屋外では屋外活動禁止と定めた。黄色点灯（警戒）は、上記を推奨する指標とした。

なお、センサーで測定した温度・湿度による暑さ指数WBGTは、文献（日本生気象学会誌）による推定値や算出式から参考値を計算している。

表4.注意喚起の判断基準

[屋内] 熱中症警戒	[屋外] 活動禁止目安
WBGT値 28℃以上： 嚴重警戒 メール発報（警告灯：赤）	WBGT値 31℃以上： 嚴重警戒 メール発報（警告灯：赤）
WBGT値 25℃以上： 警戒 メール発報（警告灯：黄）	WBGT値 28℃以上： 警戒 メール発報（警告灯：黄）

収集したデータを見える化したWEB閲覧画面を図3に示す。

各場所での注意喚起レベルがわかるよう、**嚴重警戒：赤色、警戒：オレンジ色** で見える化し、各場所の温湿度グラフを時系列で見えるようにもしている。この見える化サーバーに、あらかじめ閾値を設定することで、注意喚起のメールを発報している。

お客様に本システムを使用した感想を聞き取りしたところ、熱中症予防の注意喚起を行なうことで、学校職員や市役所から、一目で学校内の状況がわかることに評価を得た。これまでは夏場に、屋外で温湿度の測定を毎日義務として行っているが、WEB閲覧画面の確認により、その手間が省けるとの声もいただいた。また、警告灯ランプによる可視化により、エアコン稼働の指導が明確になった。



図3.WEB閲覧画面

冬季でも利用できるよう室内気温低下による注意喚起も提案したが、市役所側より低温での明確な指針がないため、今回は実施しなかった。

総評として、夏季における熱中症注意喚起システムの有効性を確認できた。

3-2. ため池水位監視

ため池水位監視の構成と電波状況を図4に示す。

ため池に水位計センサーを設置し、自営のZETA網を使用して、水位を見える化している。水位の閾値をもうけ、水位閾値超過による“メール発報”の仕組みも取り入れた。

ため池水位を見える化したWEB閲覧画面を図5に示す。水位情報は30分間隔で測定データを収集し、ため池の水位情報をグラフ表示している。満水となる水位 56cm を閾値として、超過したときに職員向けにメール発報する仕組みも取り入れている。

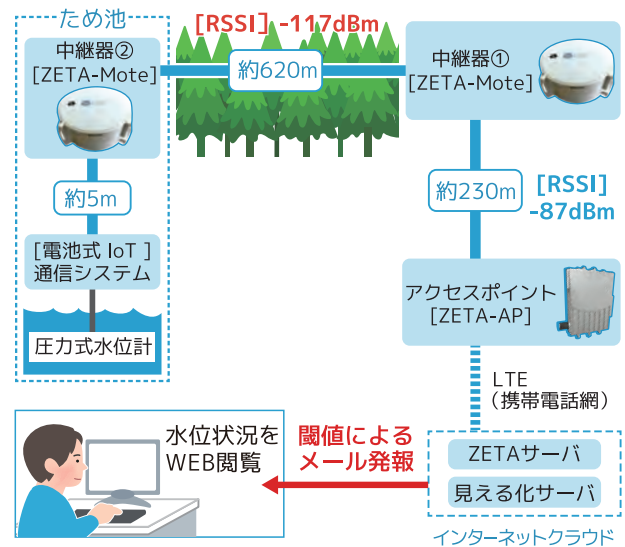


図4.ため池水位監視システム



図5.ため池水位の見える化画面

ため池監視用に自営ZETA網を構築したが、屋外実証フィールドにおいて、雑木林が密集している場所では、電波が届きづらいことがわかった。

アクセスポイントから水位計センサーまでの直線距離は850mほどであるが、センサーの電波を直接

受けることができないため、中継器を1台設置する設計としたが、通信が不安定だった。さらに中継器を水位センサー付近に設置したが、電波強度は期待するほどではなく、現地調整では、中継器を5m動かただけでも電波が届かない状況が出ていた。また、悪天候時には電波が不通となることが多々みられた。

本実証により判明したこととして、特に屋外においてはセンサー設置場所のRSSI(受信信号強度)が、通常時で-100dbm程度(メーカー推奨値: ~-110dBm)であっても、悪天候等によりRSSIが低くなることで、通信が遮断されてしまう。これにより、センサーが接続先を探して電波を出し続ける状態となり、電池の消耗が一層激しくなった。このため、設計時は、センサー設置箇所のRSSIで-95dBm程度は確保する必要がある。

4 社内オフィスの環境測定

4-1. 安全創造館内でのシステム構築

安全創造館内の各所に、「ZETA-P」、「ZETA-S」それぞれの方式で、温湿度センサー、CO2センサー等の各種センサーを設置し、これらセンサーの測定データを取得して、館内の環境測定を実施した。また、技術研究開発部の協力の下、測定データをToEMS^{※1}サーバーで取得できる仕組みを構築した。

システム構成を図6に、センサーの設置状況を写真3に示す。

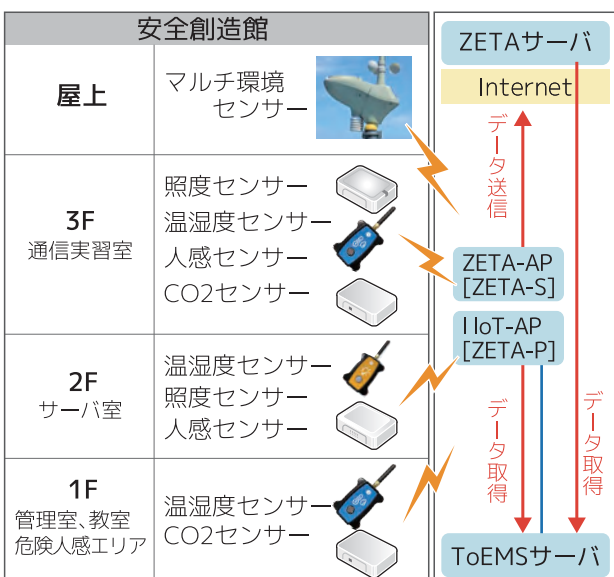


図6.社内環境測定システム構成

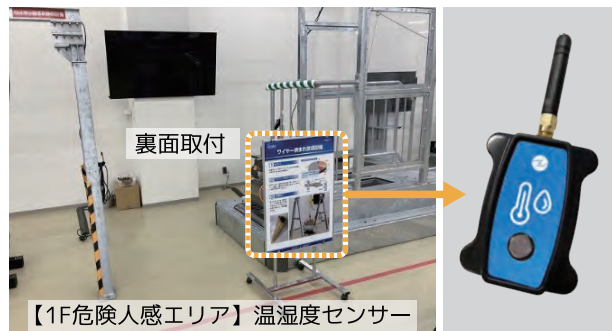


写真3.センサー設置状況

本構成での測定データの取得方法は、以下の2通りである。

- ①「ZETA-P」方式の測定データは、ローカルなネットワーク上で測定データが取得できる仕組みとした。IoT-AP^{※2}と呼ばれるアクセスポイントを使用し、アクセスポイント上で取得した測定データをBACnet^{※3}の有線LANを使用して、測定データをToEMSサーバーに直接送出する構成である。
- ②「ZETA-S」方式の測定データは、ZETA-AP^{※4}のアクセスポイントを通じて、クラウド上のZETAサーバーへ送信する仕組みとした。ToEMSサーバーは、API^{※5}に準拠したプログラムを実行することで、クラウド上のZETAサーバーより取得データを取り出すことができる。

測定データ取得方法について、図7に示す。

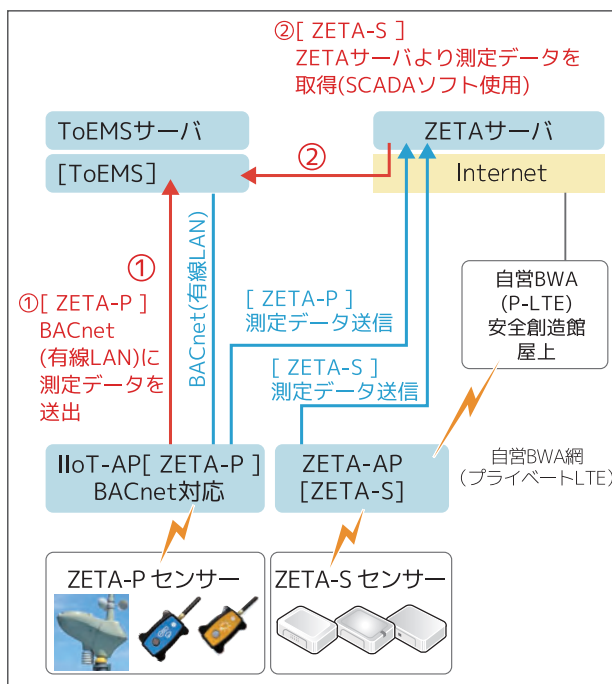


図7.測定データ取得方法

- ※1 ToEMS：当社が独自開発したエネルギー監視制御システム
- ※2 IIoT-AP：製品名 Industrial IoT AP(産業向け)
- ※3 BACnet：Building Automation and Control Networking Protocolの略。ビルディングネットワークのための通信プロトコル規格
- ※4 ZETA-AP：ZETAのアクセスポイント
- ※5 API：Application Programming Interfaceの略。ソフトウェアコンポーネント同士が互いに情報をやりとりするのに使用するインターフェースの仕様

技術研究開発部の協力の下、取得した測定データを見える化したToEMSの画面を図8～10に示す。

注意場所	温度	湿度	CO2濃度	状態	設定温度	設定湿度	運転モード	異常発生	運転モード	異常発生
中央管理棟納庫	2.4℃	48%	—	—	20℃	13.5%	停止	暖房	急	正常
1階体感エリア_北東	12.5℃	31%	—	—	22℃	14.5%	停止	暖房	急	正常
1階体感エリア_北西	11.7℃	32%	—	—	22℃	14.5%	停止	暖房	急	正常
1階体感エリア_南東	12.9℃	30%	—	—	22℃	14.5%	運転	暖房	急	正常
1階体感エリア_南中	12.8℃	30%	—	—	22℃	14.5%	運転	暖房	急	正常
1階体感エリア_南西	11.6℃	31%	—	—	22℃	14.5%	運転	暖房	急	正常
1階体感エリア_南東	11.7℃	31%	—	—	22℃	14.5%	運転	暖房	急	正常
新館_北西	14.0℃	48%	436ppm	—	23℃	12.8%	停止	暖房	強	正常
新館_北南	10.9℃	66%	—	—	—	—	—	—	—	—
新館_北東	11.2℃	60%	—	—	—	—	—	—	—	—

図8. (1) センサー状況の一覧

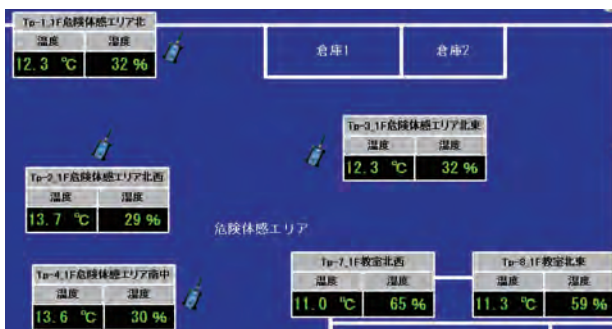


図9. (2) 各フロアのセンサー状況

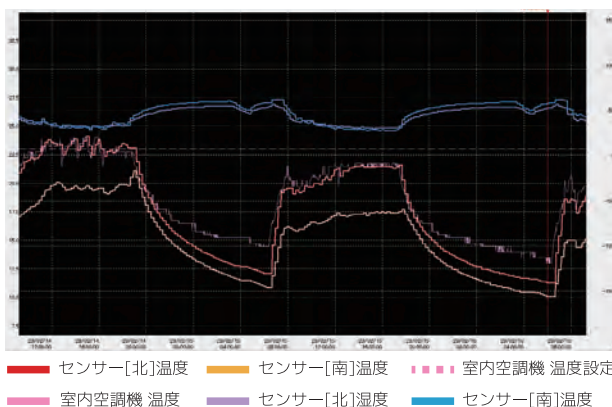


図10. (3) グラフ化

- (1) センサー状況の一覧：赤枠が各設置場所のセンサーから収集した値。空調機情報も右側に表示し、温度の対比ができるようにした。
- (2) 各フロアのセンサー状況：センサー設置場所とセンサー情報を表示。
- (3) グラフ化：温度、湿度をグラフ化。センサーで取得した温度、湿度と空調機の設定温度、測定温度をグラフ表示し、比較できるようにした。

成果として、3階に設置した1台のアクセスポイントで、1階～3階、屋上までの館内全フロアのセンサーデータを取得することが確認できた。また、ToEMSサーバー上にセンサー測定データを取り込み、見える化することができた。

4-2. 見える化ツールの検証

見える化ツール (NodeRED) を用いて、独自で見える化を行なった。構成を図11に示す。

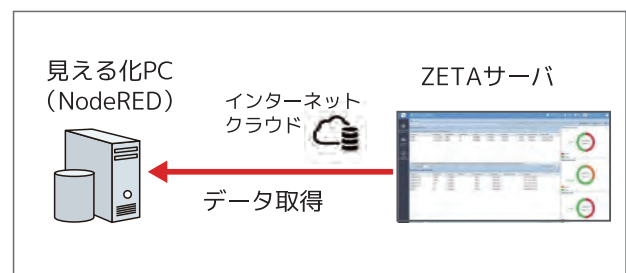


図11.見える化PCのデータ取得構成

インターネットクラウド上にあるZETAサーバーから、フリーソフトの見える化ツールを用いて、測定データを取得し、独自で見える化を実施した。見える化ツールを使用した、見える化した画面を図12に示す。

ブラウザにより表示が行うことができ、ひな形を用いた表示画面で、温度、湿度等、各々のセンサーで取得したデータを、メーター表示やグラフ表示させることができる。

成果として、見える化ツールを使用して、有償クラウドサービスを利用しなくとも、独自のアプリケーションで見える化を行えることが確認できた。ダッシュボード表示については、NodeREDのテンプレートを使用しているため、デザイン性に拘る場合は、JAVA等を使っでのWEB製作技術が必要となる。



図12.見える化画面

5 BLEビーコンを用いた実証

5-1. 駐車管理

社有車の稼働管理のため、BLEビーコンの有無で駐車車両の有無を見える化した。社有車の車内にBLEビーコンを置き、予約された車が稼働しているかどうかを確認するためのシステムである。システム構成を図13に示す。

BLEビーコンは、省電力のBluetooth 無線通信を使用したもので、一定間隔で電波を出し続ける。BLEゲートウェイは、「ZETA-P」方式で動くデバイスであり、BLEビーコンを検知した場合と、検知後に一定時間検知しなかった場合にZETAサーバに通知する。アクセスポイントでは、この検知データをインターネットクラウド上に、データを送出している。

他のシステムと同様に、見える化サーバーにて、ZETAサーバーの検知データを取得し、車両の稼働を見える化している。駐車された車のビーコンを検

知しているときは「在車」、車がBLEゲートウェイから離れることでビーコンを検知しないときは「空車」とし、閲覧画面では、車両ごとに在車/空車の形で状況表示をした。

BLEゲートウェイとビーコンは、見通しがよければ屋外で100m程の距離でも通信可能とされているが、車内にビーコンを設置した場合、BLEゲートウェイとの距離が10m程度であっても、検知しづらい状況であった。このため、閉ざされた場所にビーコンを設置する運用は適していないことがわかった。

6 おわりに

行政フィールドで実証を行なっている熱中症注意喚起システムにおいては、他の市内学校、各行政へのビジネス展開につなげていきたいと考えている。

本研究では、LPWAの通信方式（ZETA）を使用した検証を行った。今後は、ZETAでは不可能であった画像・映像のデータ伝送を新たに規格化されたIEEE802.11ah（WiFi-Halow）を用いて実証試験を行う予定である。

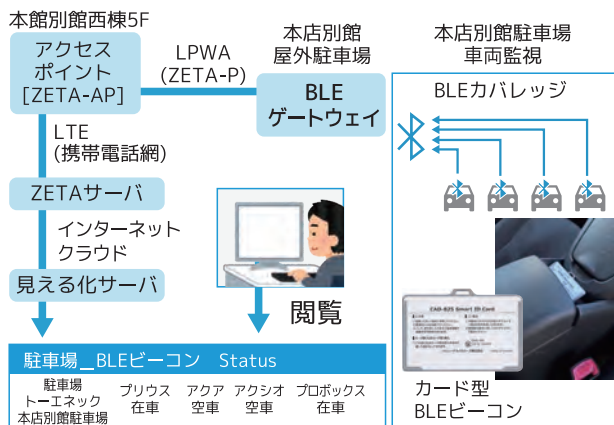


図13.BLEビーコンによる駐車管理

外装照明のユニット化

東京本部内線部
工事第二グループ
本田 寛



1 はじめに

建物の外壁を彩る外装照明の作業においては、照明器具の取付け場所が建物の外側で、しかも高所であることから工事上の困難を伴うことが多い。通常、窓ふき用ゴンドラを利用する方法がよく採用されるが、作業効率が悪く、加えて安全上のリスクが高い。また工事工程面での問題も多い。今回、都心部で事務所ビルの外装照明工事において、建築構造材の外装ルーバーに照明器具を地組みするユニット化工法を考案し、所定の成果を得たので以下に報告する。（写真1.2参照）

2 建物および外装照明工事の概要

(1) 建物概要

- ・構造 : 鉄骨造、免震構造
- ・階数 : 地下3階、地上14階
- ・用途 : 事務所ビル
- ・延床面積 : 21,775.59m²

(2) 外装照明工事概要

- ・照明器具 : LED,1W~12W (6種類)
- ・制御関係 : 調光制御
- ・全灯数 : 328灯
- ・設置内訳 (表1参照)

表1 外装照明設置内訳

階	2	M	3	4	5	6	7	8	9	10	11	計
灯	7	7	12	17	19	40	44	40	48	46	48	328

3 建物および外装照明工事の概要

3.1 ゴンドラ工法の分析

(1) ゴンドラ工法における作業手順

- ① 外壁に外装ルーバーの取付け< 建築工事 >
- ② ゴンドラの設置と運転< 建築工事 >
- ③ ゴンドラを作業床として、外装照明器具の取付け及び関連配線・結線工事
- ④ ゴンドラを作業床として、上記③工事の確認
- ⑤ 点灯試験の実施

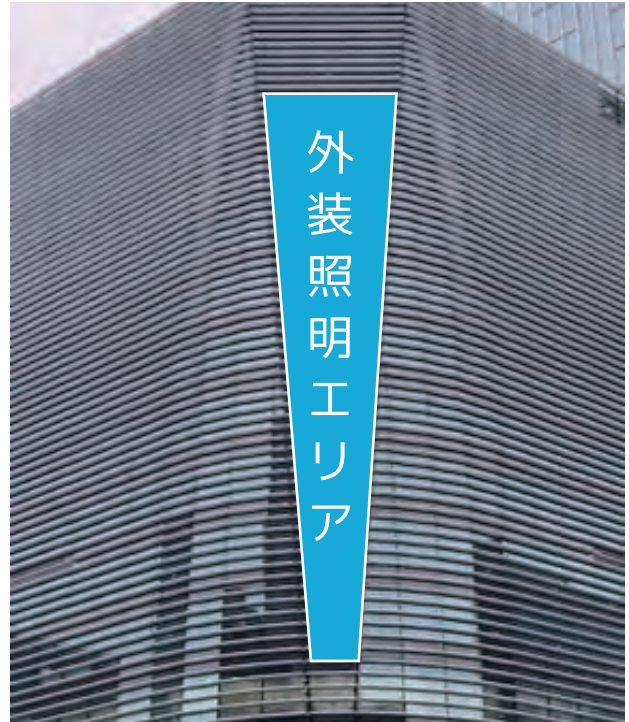


写真1: ビル正面

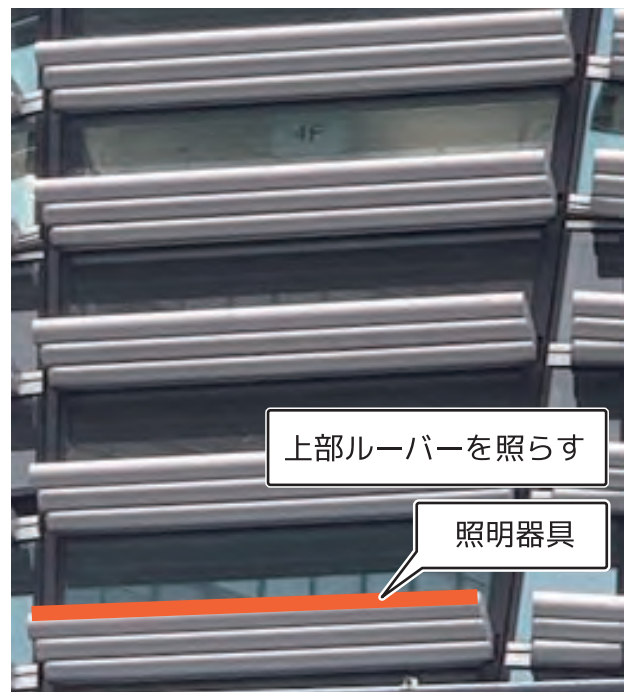


写真2: 外装部の拡大

(2) ゴンドラ工法の問題点

- ① 作業環境が悪く、作業効率が低い。
ゴンドラは照明工事目的に設計されていない。
また、資機材や工具の積載量に制約がある。
- ② 工事工程が厳しい。
ゴンドラの使用可能時期は建設工事の終盤である。
- ③ 外装照明器具の取付け精度が低い。
照明器具取付けのための外装ルーバーの穴明け加工は現地で行う。
- ④ 照明器具の取付け確認や検査の負担が大きい。
器具取付け確認や検査はゴンドラから行う。
- ⑤ 安全上のリスクが高い。
作業場所は高所であり、また、ゴンドラは半開放の危険な乗り物であり、風の影響も受けやすい。

3.2 ユニット化工法の検討

(1) ユニット化工法の考案

建築工事における外装材（ガラス、アルミルーバー等）の組立手順を確認した結果、現場構内で地組みする方法であることが判明した。そこで、外装材の地組み段階で、外装ルーバーに照明器具を取付ける工法を考案した。地上で、照明器具の取付けから配線・結線並びに絶縁抵抗試験や点灯・調光試験まで実施する方法である。地組みが終われば、建築工事の外装材に組み込まれた照明器具や配線は、揚重クレーンによって吊り上げられ、所定の位置に設置されることになる。（写真3参照）



写真3：完成時の点灯状況

(2) ユニット化工法の手順

- ① 建築外装材のルーバー製造工場において、照明器具の取付け穴を加工する。（建築依頼工事）
- ② 現場構内の所定の場所において、外装材の地組みを開始＜建築工事＞…地組は1フロア単位で行われ、1フロアは1～3ユニットに分割される
- ③ 外装材地組みヤードにおいて、外装ルーバーに外装照明器具を取付ける。（写真4参照）
- ④ 建築外装材のルーバーサッシ部を利用して、所要の配線を行う。（写真5参照）
- ⑤ 上記③及び④の取付けや配線を確認する。（写真6参照）
- ⑥ （仮設電源によって）仮の点灯試験や調光試験を実施する。（写真7参照）
- ⑦ 建築工事の外装ユニットの地組み完了＜建築工事＞
- ⑧ 揚重クレーンを使用して、地組みした外装ユニットを吊り上げ所定の位置に固定する。（写真8参照）＜建築工事＞
- ⑨ 外装ユニットから照明分電盤までの配線工事を行う。
- ⑩ 全外装ユニットの取付け完了＜建築工事＞
- ⑪ 正式な点灯試験と調光試験を実施する。



写真4：ルーバーへ照明器具取付け



写真5：サッシ部分に配線



写真6：器具片付け状況の確認



写真7：点検確認

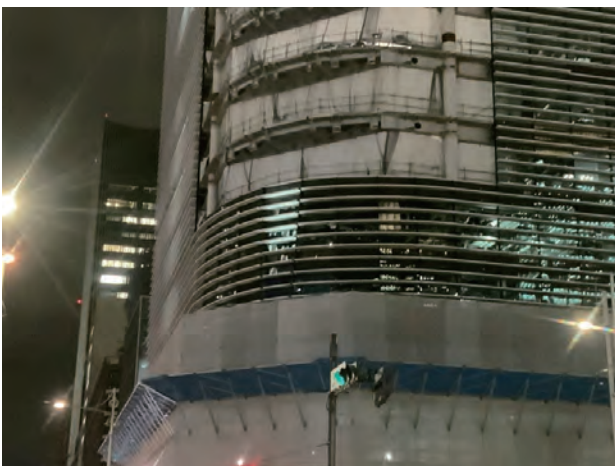


写真8：外装ユニットの吊り込み

(3) ユニット化工法のメリット

① 作業環境と作業効率の向上

作業場所が安定した床面となり、作業環境や作業効率が大きく向上する。

② 工事工程上の厳しさの緩和

外装照明工事の開始可能時期は、ゴンドラの設置時期と無関係となる。

③ 照明器具の取付け精度の向上

照明器具取付けの穴明け加工は、現地ではなくルーバー製造工場で行う。

④ 照明器具の取付け確認、試験や検査の負担軽減

照明器具の取付け確認、各種試験や検査の場所が、安定した床面で実施できる。

⑤ 安全性の向上

照明器具の取付けや配線の作業から、確認、試験や検査までの殆どを安全な地上で行えることから、作業災害のリスクが激減する。

4 ユニット化工法の検証

(1) 作業時間の比較

階数	灯数	ユニット化工法	ゴンドラ工法	
		作業時間 (*1)	作業時間 (*2)	割増倍率
階	灯	人・時	人・時	倍
11	48	12	48	4.0
10	46	12	48	4.0
9	48	12	48	4.0
8	40	10	34	3.4
7	44	10	40	4.0
6	40	10	34	3.4
5	19	10	24	2.4
4	17	10	24	2.4
3	12	10	22	2.2
M	7	8	16	2.0
2	7	8	16	2.0
【計】	328	112	306	2.7
効化率	—	36.6%	100%	—

表2 ユニット化工法とゴンドラ工法による作業時間

〔備考〕

*1：作業員の集計値

なお、1フロア分の作業は1日で行う。

*2：ユニット化工法を基準にした算定値（推定値）

ただし、割増係数は次のa～cに拠る。

a.ゴンドラの移動時間による作業時間ロス

150% < 1日4往復を基準 >

b.作業環境による作業効率の低下

140% < 想定 >

c.ゴンドラの資機材積載量制約による往復時間

6時間 / (6.5時間 - 0.5時間 × 灯数 / 7灯)

< 1積載7灯程度 >

表4-1から、今回工事ではユニット化工法による作業時間は、ゴンドラ工事による場合の37%に低減できたものと推定される。

(2) 照明器具取付けの確認時間の比較

ユニット化工法では、照明器具の取付け確認を地組みヤードで実施できる。ここで、1灯当たりの点灯確認時間は平均3分程度であるため、全数で3分/灯×328灯=984分=16.4時間となる。

他方、ゴンドラ工法では、ゴンドラの移動時間に加え、作業環境の制約から取付け確認の時間が平均4.5分程度となり、全灯数の確認時間は37時間になるものと推定される。これは、ユニット加工法の2.25倍の時間である。

5 まとめ

事務所ビルの外装照明工事について、照明器具の取付けや配線の作業を、建築工事の外装地組み作業に合わせて行う方法を取り入れた。

結果として、

- ・作業時間の低減
- ・工事工程の先行
- ・器具取付け精度など工事品質の向上
- ・作業災害の絶無

を図ることが出来、大きな成果を得た。

6 おわりに

外装照明工事にユニット化工法を実施し、計画通りの成果を上げることが出来た。今後は、更なる作業時間の低減や品質の向上を目指すと共に、保守や点検作業の改善にも取り組みたい。最後に、ユニット化工法の採用にあたり、ご協力をいただきました建築会社の方々に感謝を申し上げます。

現場竣工時期での送受電業務分業化による業務効率化取組事例

中部本部 内線部
工事第二グループ
寺澤 旭弘



内線統括部
施工グループ
藪崎 剛



中部本部 名西営業所
工事グループ
西部 明男



1 はじめに

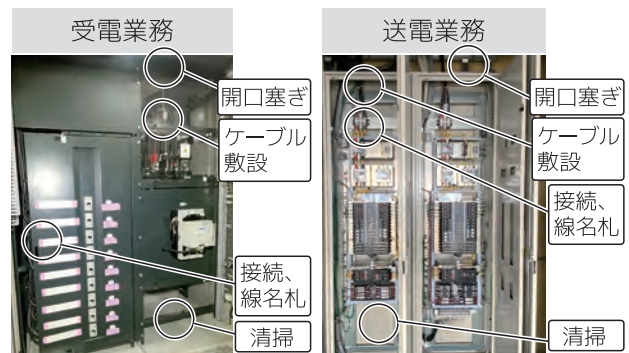
近年、建設業界では長時間労働の解決が大きな課題になっており、働き方改革を目的とした業務見直しが急務となっている。当社においても、新築現場に従事する施工担当者の長時間労働が問題となっており、その中でも竣工時期は業務が集中する繁忙期であり、時間外労働が特に多い時期となっている。

本稿では、当社が施工している新築現場の竣工時期において、施工担当者の業務軽減を達成するための取り組み事例を紹介する。具体的には、①送受電業務分業化、②送受電業務の効率化と品質向上の両立に成功した事例について述べる。

たしているか、送電前後に確認

確認項目：ケーブル敷設状況、行先札取付状況、

- ・ 幹線締付状況 ・ 開口塞ぎ施工状況
- ・ 絶縁抵抗測定 ・ 電圧 ・ 相回転 など



資料1 受電業務・送電業務

2 建物および設備の概要

2.1 建物概要

場所：愛知県

主用途：複合施設

(商業、オフィス、ホテル)

構造・棟数：SRC・S造、地上 約30階

2.2 電気設備概要

電力引込：地中引込33KV

受変電設備容量：変圧器容量計17,500KVA

(6変台)

3 送受電業務の概要

3.1 受電前検査業務

内容：キュービクル内の施工状況が品質基準を満たしているか、キュービクル受電前に確認

確認項目：ケーブル敷設状況、行先札取付状況、

- ・ 幹線締付状況 ・ 開口塞ぎ施工状況
- ・ 盤内清掃状況 など

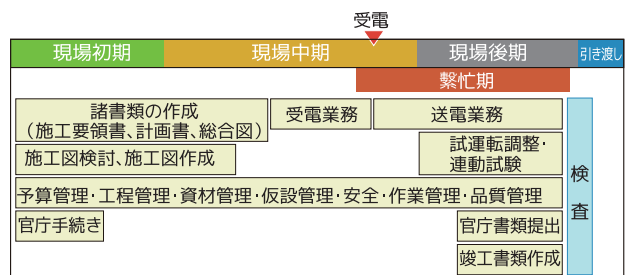
3.2 送電検査業務

内容：分電盤周辺の施工状況が品質基準を満

4 現場繁忙時期の問題点

4.1 施工担当者への業務集中

竣工時期は、通常の施工管理業務と並行して送受電業務を行う必要があり、長時間労働の要因になっている(資料2)。



資料2 新築現場の担当者業務工程

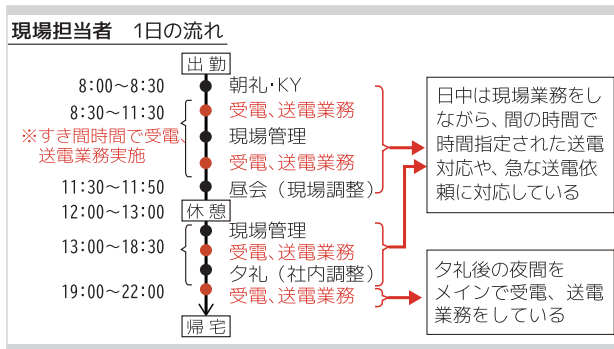
4.2 確認・記録事項の忘れ

送受電業務は確認項目・記録項目が多く、限られた時間内で終わようとする、確認漏れが発生する可能性がある。確認漏れは品質災害を誘引させる危険があるため、現場側では品質チェックを複数回行っていった。

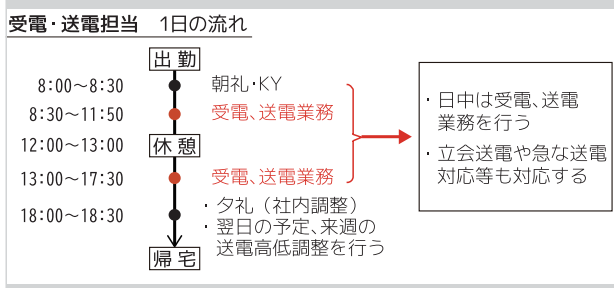
5 取組事例

5.1 分業化

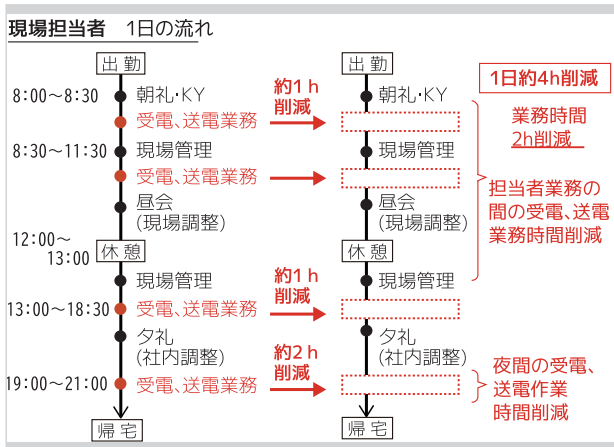
従来では、施工担当者が現場管理業務と並行し、受電・送電業務や立会送電を実施していたため、業務時間外での対応もやむを得ない状況であった（資料3）。そこで、送受電業務担当として人員を追加し、分業化による対応を行った（資料4、5）。その結果、施工担当者への業務集中を削減する事ができた。



資料3 竣工時期の施工担当者業務（分業化前）



資料4 送受電担当の1日

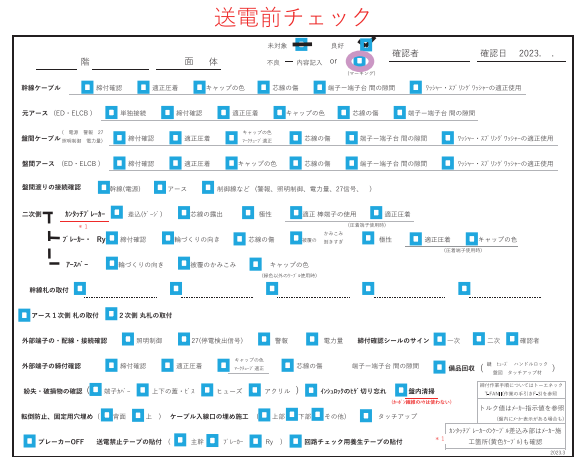


資料5 竣工時期の施工担当者業務（分業化前後）

5.2 チェックリストの導入

各電灯盤動力盤の送電前チェックリストを作成した。各項目に対し品質基準を満たしていればチェッ

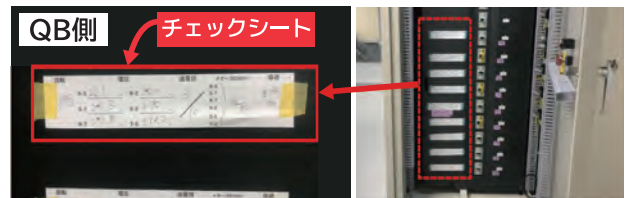
クを入れ、全項目にチェックが入ると送電可能と判断できるようにした。最小限の引継ぎにより送電業務の分担が可能となり、チェック漏れを回避して品質向上が図られた。また、現場担当者と送電業務担当者との品質基準が一致し、出戻り作業が削減されたことも特徴である（資料6）。



資料6 送電前チェックリスト

5.3 チェックシートの導入（盤側）

進捗管理のためチェックシートを作成しQB盤面に貼付けた（資料7）。



資料7 QBチェックシート

6 おわりに

チェックシートの活用は品質向上と同時に作業効率も向上した。現場に掲示することで、残業業務・進捗確認も簡単にできるため、担当者間の引継ぎが効率化した。さらには現場管理業務のスキマ時間を利用して確認業務が可能となったため、時間外削減にも寄与できた。

今回の取り組みは、品質確保と作業効率向上を同時に達成することができたが、新たな課題も見つかっている。それは、各分電盤の進捗を確認するためにはチェックシートが貼られている現地まで見に行く必要があり、細かく移動時間が発生している点である。今後は、その細かい移動時間削減に取り組むため、スマホやタブレット端末を活用したリアルタイムでの情報共有を達成し、より効率的な進捗管理を達成したい。

バイオメトリクス認証のクリーンルームにおける施工事例と有効性

中部本部 工事グループ
名西営業所
近藤 瑞樹



1 はじめに

当該施設は、工場と研究施設からなる複合用途である。製造・QCエリア、開発エリア、研究エリアと大きく分けて3つの部門から構成されており、研究・開発・製造が一体化された建物である。施主希望によりクリーンルームの入退室管理には虹彩認証を採用し、研究および製造の高質化を図った。本件では虹彩認証を採用するまでのバイオメトリクス認証比較検証とその有効性を紹介する。

2 建物および設備概要

2.1 建物概要

場所：岐阜県
構造：S造 地上3階、塔屋1階

2.2 電気設備概要

受電方式：高圧6.6kV×1回線
設備容量：1φ3W 300 KVA×3台
3φ3W 1,000 KVA×2台、750 KVA×4台

3 バイオメトリクス認証の比較検証

今回比較検証したバイオメトリクス認証には①指紋認証、②静脈認証、③顔認証、④虹彩認証があった。各認証方法のメリット、デメリットを以下に記す。

3.1 指紋認証

メリット：導入コストが安価で場所をとらない。
デメリット：接触が必要であり、指の汚れや傷で認

証できない場合がある。低温や水気もエラー率が高まる要因となる。

3.2 静脈認証

メリット：身体の内面的情報を利用し、偽造が困難。

デメリット：導入コストが高く、寒い時期や運動後などで血管の収縮・膨張があると認証が難しい。ハンドクリームや指輪、絆創膏などで認証が困難になる場合がある。

3.3 顔認証



写真1. 顔認証システム

メリット：非接触で衛生的。認証速度が速い。顔を撮られているという認識から様々な抑止力に繋がる。マスク着用でも認証可能であり、体温測定機能付きなら体温異常やマスク未着用でエラーにすることが可能。

デメリット：双子の識別が難しい。髪型や眼鏡の変更に対応できない時がある。また、プ

表1. バイオメトリクス認証の4手法対比表

	指紋認証	静脈認証	顔認証	虹彩認証
コスト	◎	△	○	△
認証精度	○	◎	◎	◎
認証速度	○	○	◎	○
清潔感	×	○	◎	◎
容易性	○	○	◎	◎
設置スペース	◎	○	◎	◎
抵抗感	×	△	○	◎
不変性	△	○	○	◎

ライバシーに対して懸念を抱く人も多い。

3.4 虹彩認証

「虹彩」とは人間の瞳にあるドーナツ状の模様のことであり、各個人で異なる特徴がある。虹彩認証はそのパターンにより個人を識別する手法を指す。

メリット：非接触で衛生的。認証精度が非常に高い。虹彩はほぼ変化しないため、再登録不要。双子も識別可能。顔認証と同様に、体温測定機能付きなら体温異常やマスク未着用でエラーにすることが可能。

デメリット：導入コストが高い。目の細い人は認証しにくく、カラーコンタクト、濃い色のサングラスには対応できないが、その場合は顔認証を選択することが可能。



写真2. 虹彩認証システム

4 クリーンルームでの虹彩認証手法の検証

クリーンルームでは空気清浄度を確保するため、マスクやゴーグル、タイベック、手袋の着用が必須である。上記条件における最適な認証システムとして虹彩認証を採用することになった、その理由について述べる。

4.1 認証精度

- ・目さえ露出していれば認証可能であり、顔認証と比べても虹彩認証の方が認証精度が高い。
- ・頭巾やマスク、手袋を外す必要がなく、荷物を持っていても認証でき、入室に手間がかからない。

4.2 清潔感

- ・非接触のため衛生的な認証。
- ・追加機能により感染症対策も行える。
例) 体温測定機能 → 37.5℃以上は入場不可

4.3 容易性

- ・Wi-Fi接続が可能で、設置後の移動が容易。
- ・機器本体が人を検知すると上下に傾き、人の身長に合わせてくれるため、腰をかがめたり背伸びをしったりする必要がない。

4.4 不変性

- ・成人後、虹彩は不変であるため一度登録すれば再登録は不要。

4.5 多様性

- ・認証方式は、虹彩認証の他に顔認証、ICカードの選択もできる。ICカードはFeliCa、Mifareが使用できる。
- ・各々でand条件、or条件が併用できる。

4.6 施工性

- ・端末本体はWi-Fi機能を有しているため、通信ケーブルの敷設不要。
- ・対象者の身長に合わせてセンサー（カメラ）が上下角度を自動補正するため手動による高さ調整が不要。
- ・壁付け、テーブルスタンド、自立スタンドなど、設置方法選択可能。
- ・各端末はPC側から一括制御できるため、設定・データ移行のために各拠点への設定・確認不要。
ただし、注意点として設定は専門業者に依頼する必要があり、施主要望の詳細な把握が必要。機器は高価であるため破損を防ぐ目的から竣工間際の設置が良いが設定確認の期間が短くなる。

5 おわりに

以上の検証結果から、クリーンルームの入退室管理において、虹彩認証の有効性は非常に高いと言える。竣工後のレイアウト変更に対しても、一般的な入退室管理システムと比べ比較的柔軟に対応が可能と見ている。

今回は扉の開閉信号のみであるが、入場・退場記録の照会や入退場情報のログ管理を追加することで、セキュリティ面を強固することが可能となる。さらに在室管理に活用すれば、緊急時に避難・誘導エリアで取り残されているものがないか確認でき、効果的な人命救助が期待できる。

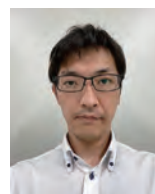
最後に、本工事を施工するにあたり、関係各社に多大なるご協力をいただいたことに深く感謝する。

室外機ユニット化による施工時間短縮とコスト削減

中部本部内線部
工事第二グループ
猪口 秀昭



中部本部内線部
工事第二グループ
三輪 秀之



1 はじめに

当該施設は、地上9階・塔屋1階、延床面積約3.5万m²の建物である。当社では、電気設備一式（強電設備・弱電設備）の施工計画、施工を一貫して行った。工期に余裕がない中、屋上に大量に設置される設備機器への電源供給に対する配管配線工事を、いかに短期間で効率的に行えるかという検討が必要であった。

本稿では、室外機のユニット化による施工時間短縮とコスト削減について紹介する。

2 建物および設備概要

2.1 建物概要

場所 : 兵庫県
構造 : RCST構造（基礎免震）, 地上9階

2.2 電気設備概要

電源設備容量
受電系統：地中引込 高圧6.6kV 1回線受電
受電設備容量：1φ 1,800kVA、3φ 5,500kVA

3 電気設備施工の課題

3.1 施工時間短縮

建設現場において屋上作業は建物が組み上げを待つ必要があり、全体工期の中でも制約された期間となってしまう。さらに電気設備工事は防水工事の完了を待たねばならず、実工期は更に短縮される。

しかし、屋上は多数の設備機器を配置する必要があり、迅速な設置後と電源供給、試運転調整への移行が求められる。また、配管配線用資材の搬入方法や資材置場の検討・調整にも時間を費やされる。したがって、手間を最小限に抑え、施工時間を短縮させることが重要である。

3.2 コスト削減

材料費に関しては、屋外であるため防錆処理された材料の使用が必須となり、材料費が割高となる。そのため、材料の使用量を削減する工夫が必要となる。

労務費の面では、露出配管工事は手間がかかる上、作業通路が制約されるため、資材運搬にも時間がかかることが問題となる。また、天候の影響により作業を中断される場合も考慮しなければならず、効率的かつ集中的に作業を進めるための工夫が必要となる。さらに、屋上の限られたスペースの中で、動力盤二次側施工にかかる材料費、労務費を最小限に抑えるために、負荷から近い場所へ動力盤を設置することを検討する必要もある。

4 室外機ユニット化の利点

4.1 施工時間短縮

今回、空調設備業者が室外機のユニット化を実施することになり、その室外機ユニットに動力盤も組み込むことで、電気・空調一体型の空調機ユニットを採用できた。（写真1）



写真1 室外機ユニットと動力盤

この空調機ユニットは一体化したまま搬入・据付を行う事が可能となり（写真2）、搬入回数が電気設備、空調設備合わせた延べ回数は当初計画から半

減し、それに伴い延べ搬入時間も半分に削減できた。また、ユニットの組み立ては工場で行われ、天候の影響を受けることがないことに加え、強風を考慮した風散養生や飛来災害のリスクもなくなったため、安全に作業することができた。



写真2 搬入状況

施工面では、鉄骨架台内を冷媒と配線のスペースとして共用することにより（写真3）、動力盤から室外機までの電源ケーブルの配線・結線を工場ですべて完了させることができた。そのため、ユニット搬入後の作業は動力盤一次側の電源ケーブルの接続のみとなった。結果、屋上で作業項目の大幅な削減をした結果、施工時間は約50%短縮できた。



写真3 配線スペース

作業調整は建築工程に影響されることなく行うことができ、天候による作業の遅れも発生しないため、スムーズな作業が実現した。

ただし、ユニット組立工場のスペースの関係で、すべてのユニットを一度に組み立てることができなかったため、動力盤の設置や配線作業を複数回に分けて行う必要があった点がマイナス要素であった。

4.2 コスト削減

鉄骨架台を冷媒と配線の共用スペースにすることにより、動力盤から室外機までの電源用配管の施工を省略することができ、配管材料費及び労務費の削

減に繋がった。

一方で、室外機ユニット側では、配線受け鋼材の取り付けや動力盤設置のための補強、取付穴の加工等が必要となりコストがアップした。今回の場合（室外機91台、動力盤12面）のコストの増減を表1にまとめた。

表1 コスト増減表

内 訳		金 額
材 料 費	電線管	▲200千円
	電線管付属品	▲300千円
	配管支持材	▲200千円
電 工 費		▲600千円
ユニット鋼材増額分		500千円
計		▲800千円

実際には上記以外にも、通常はクレーン等を使用して揚重する必要がある屋上への電線管・ケーブル等の資材搬入費用も削減できた。

その他のコストアップが懸念される項目の一つとしては、重量運搬費が考えられる。4.1にて、工場でのユニット組立は作業が数回に分かれると述べたが、動力盤1面のみの設置であっても作業員は数名必要となる。作業の回数が増えれば、作業員の延べ人数も増加し、コストアップとなる。また、工場でのユニット組立と現場への搬入時期にズレが生じてしまうと、組立が完了したユニットを保管するための倉庫代が発生する可能性もあり、製作・搬入工程の綿密な調整が必要となる。

5 おわりに

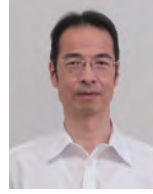
短期間に他業者が混在する屋上作業に対し、室外機のユニット化は事前に一部の作業を進めることができるため、繁忙期の作業員の増員を減らす有効な手段だと考えられる。

今回の工事では、当初から空調設備業者が室外機のユニット搬入を計画していた為、電気設備業者としては空調設備業者への大きな費用負担や難しい検討も不要となり、現場をスムーズに進めることができた。実際には、設計段階から室外機のユニット化が検討されている現場は稀であると思われるが、事前検討段階で設備業者と連携しながら、室外機のユニット化を積極的に提案していくことで大きなメリットが得られると考える。

最後に本工事を施工するにあたり、関係各社の多大なご指導、ご協力を賜ったことに深く感謝する。

技術研究開発部だより

技術研究開発部
研究開発グループ長
中井 一夫



技術研究開発部 部長
小林 浩



研究開発テーマ

技術研究開発部は表1に示す基本方針により調査・研究・開発に取り組んでいる。この基本方針は、2020年9月に技術研究開発委員会で策定された「技術研究開発中長期ビジョン～足元と10年先を見据えて～」に基づく。

表1. 技術研究開発の基本方針

1.付加価値の創出に資する技術研究開発	2.効率化に資する技術研究開発
① 世の中の変化を捉えた技術力・提案力向上に向けた研究の推進 ② 新規事業創出を目指した研究の推進 → 長期的な研究開発	現業のニーズを捉えた生産性・安全性向上に向けた研究の推進 → 短期～長期的な研究開発

表2. 技術研究開発部の研究開発テーマ（2023年度）

方針	分野	名称
付加価値の創出	事業継続	燃料電池を含めた直流マイクログリッドシステムの最適制御手法の開発
		太陽光発電自己託送等における需給管理システムの開発
		直流給電方式に関する応用研究
	環境対策	給食センター向け独自提案技術の調査
		建設系廃棄物の3R推進に関する調査
		路面太陽光発電システムの開発
効率化	効率化	資機材管理業務効率化システムの開発
		BIM情報を活用した内線設計の業務効率化ソフトの開発
		TBM-KYの電子管理ツールの開発
	保守管理	バリューチェーン強化を目的としたパッケージ版ToEMSの開発
		分光分析に基づいた絶縁油劣化診断装置の改良
		低圧電動機の製造不良原因特定手法の研究
	安全性向上	作業災害発生防止に向けた社内保有データ活用に関する研究
		交通災害の発生防止に資する製品・システムの導入検討

2023年度に取り組んでいる主な研究開発テーマを表2に示す。新たに着手したテーマは、「給食センター向け独自提案技術の調査」と「路面太陽光発電システムの開発」である。

「付加価値の創出に資する技術研究開発」のテーマは、今後直面する厳しい受注競争を勝ち抜き、当社を成長させるための提案力強化につながる事業継続、環境対策の分野の研究である。非常時の電源確保、再エネ等のエネルギー有効活用、廃棄物対策などへのお客さまニーズは今後さらに増加すると考えられる。

「効率化に資する技術研究開発」のテーマは、効率化、保守管理、安全性向上の分野である。効率化の分野のテーマは、現業部署の時間外上限規制（働き方改革）への対応ニーズに基づくソフト開発を行っており、迅速に成果展開できるよう取り組んでいる。安全性向上の分野のテーマは、「作業・交通災害ゼロ」の一助とするため、市販ツールの適用性評価等を行っている。

研究開発グループのチーム編成

技術研究開発部の研究開発グループでは、研究員の専門技術分野などを考慮し、チーム制を採用して研究開発テーマの迅速かつ効率的な遂行を目指している。

現在、チームは「電力」、「エネルギーマネジメント」、「環境」、「情報」の4チームで編成され、それぞれチーム長以下5～9名のメンバー構成である。

図1に各チームの技術分野を示す。中央の「効率化」、「AI/IoT」、「カーボンニュートラル」、「バリューチェーン」は各チーム共通の技術研究開発におけるキーワードである。

図中の再生可能エネルギー、設備保全、BIM、最適化などは一つの分野を複数のチームが協力して取り組んでいる。また、いくつかの研究開発テーマでは、チームを跨いだプロジェクトを編成している。プロジェクト制は、個々の研究員の得意分野を生かすことで、研究開発グループ全体での効率化につながる。

各チームに所属する研究員と技術分野の紹介は、イントラネットの部署情報を参照ください。

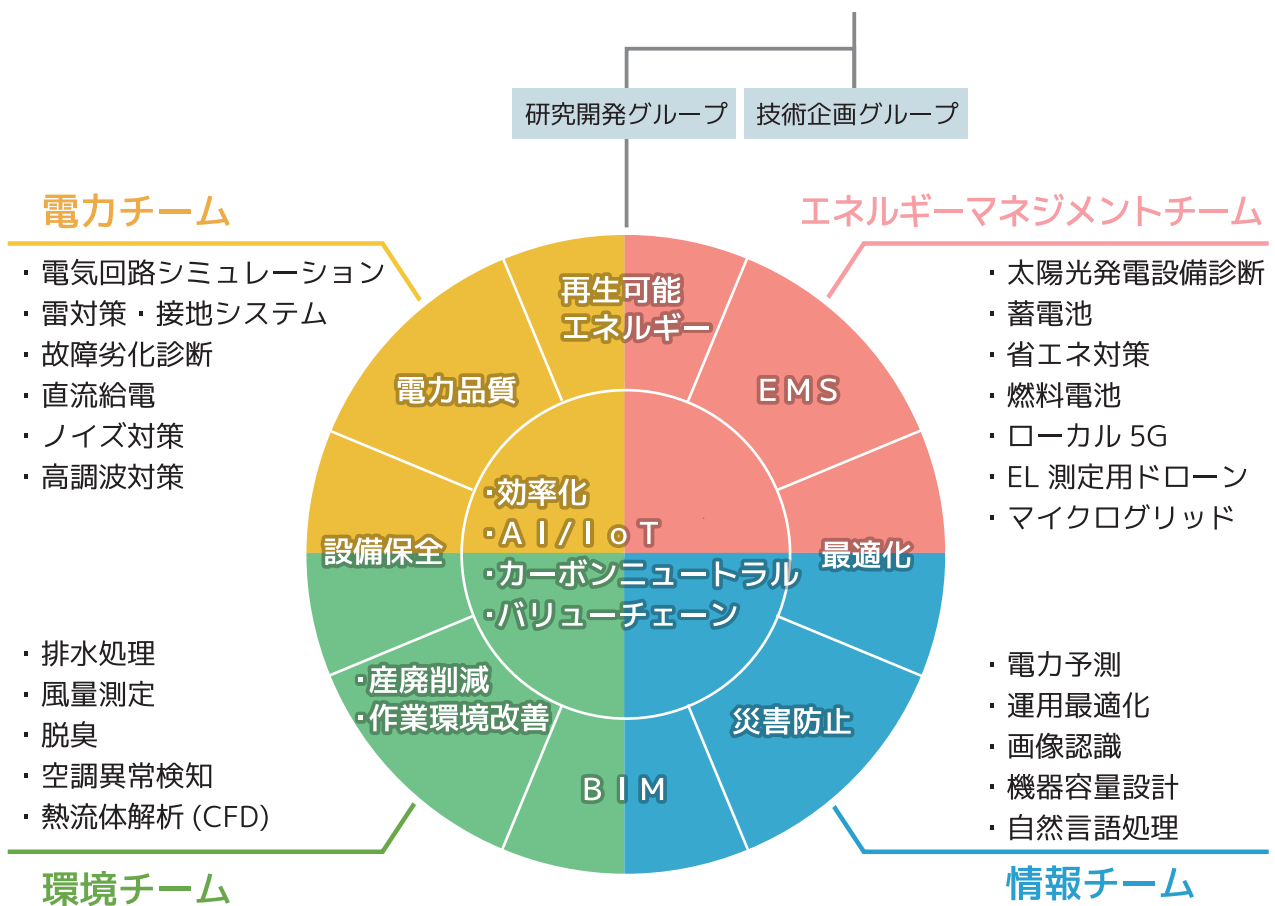


図1. 各チームの技術分野

現業支援業務

技術研究開発部では、研究開発業務の他、現業部署の技術サポートとお客さまの信頼獲得を目的とした現業支援業務を行っている。

支援内容は、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課題の解決である。

過去10年間の現業支援件数を図2に示す。全件数は566件である。近年の件数増加は、当部が知見を有する太陽光発電の設計や診断技術、エネルギーマネジメントシステム（ToEMS）の提案に関する相談が増えたためである。また、研究成果の社内説明の場で現業支援業務を紹介した効果として、相談しやすくなったことも件数増加の一因と推測する。

支援内容の内訳を図3に示す。新技術・新製品調査を除き万遍なく対応している。

2022年度の現業支援の事例を表1に示す。他の支援概要はイントラの部署情報で紹介している。

今後も現業部署と連携し、支援業務に注力するとともに、課題を抽出し研究開発テーマの発掘にもつなげたい。

なお、2023年度に技術相談窓口を次のEメールアドレスに変更した。イントラにも掲載するので利用ください。

技術相談窓口：rd-support@toenec.co.jp

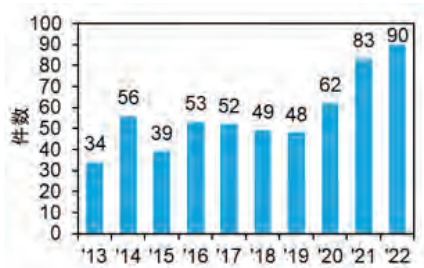


図2. 最近10年間の現業支援業務

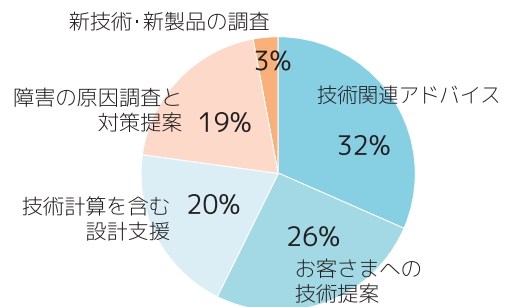


図3. 最近10年間の現業支援内容

表3. 現業支援の例（2022年度）

技術関連 アドバイス	空調熱負荷計算用の気象データ作成に必要な情報として「データ形式」、「日射データ変換方法」等を提供。
	太陽光発電所の高圧ケーブル敷設に関する電技解釈（第128条 地上に施設する電線路）をアドバイス。
	変圧器更新による省エネ効果を経産省の中長期計画書式の記入要領に沿って提示。
お客さまへの 技術提案	CFD（Computational Fluid Dynamics）解析により、モジュールチェンジャー更新時の排気ショートサーキットを確認。
	お客さまへの提案の際に安全創造館の水素製造・利用システムの事例を紹介。
	モールド変圧器80台の部分放電測定による経年劣化傾向から継続的な定期点検を提案。
技術計算を含む 設計支援	当社のエネルギーマネジメントシステム（ToEMS）のシステム設計や見積作成などを支援（10件以上）。
	CFD解析により、既設美術館のアトリウムの空調機増設時の適切な吹出方向を提示。
	工場の直流マイクログリッドの見積のための設計支援とお客さま説明などを実施。
障害の原因調査と 対策提案	太陽光発電所のデータ分析により、売電量低下の原因が、系統側電圧上昇によるPCS（Power Conditioning System）停止と推測。
	特高変圧器の故障の際の落雷の可能性を確認し、避雷器の不具合調査を提案。
	太陽光発電設備の点検後にPCSが単独運転（停電時に禁止される発電）検出により運転不能となった原因として、異なる検出方式のPCSが干渉して誤検出する可能性を提示。
新技術・新製品の 調査	太陽光発電設備の各種導入形式（オンサイトPPAなど）や関連技術を調査。
	市販の電子帳票、音声入力、Bluetooth対応測定器の調査および試用評価。

2022年度 研究成果報告会

2022年度 研究成果報告会は本店別館地下講堂で3月28日、29日、30日の3日間にわたり開催された。技術研究開発部、情報通信統括部、配電本部の研究担当者が、32件の研究成果を報告した。3日間で延べ140人（オンライン参加者含む）程度の社員が聴講し、活発な意見交換が行われた。

研究テーマと報告者

月日	研究テーマ	報告者
3/28 (火)	BIM情報を活用した内線設計の業務効率化ソフトの開発	眞玉橋剛志 近田有希子
	設計業務支援ツールの高機能化	三井 佑悟
	画像認識技術を活用した積算業務の効率化に関する研究	三井 佑悟
	社内保有データを活用した材料購入掛け率予測ツールの開発	阪井 雄真
	施工体制管理ソフトの開発	眞玉橋剛志
	資機材管理業務効率化システムの開発	伏見 文弥
	施工担当者業務における効率化ソフトの開発	山本 達也
	社内要望等に関する各種調査	大島誠一郎 小林 野亜
	TBM-KYの電子管理ツールの開発	加藤 勇治
	作業災害発生防止に向けた社内保有データ活用に関する研究	三井 佑悟
	交通災害の発生防止に資する製品・システム導入検討	阪井 雄真
3/29 (水)	配電工事における準備作業の効率化に関する研究	岡田 誠二
	建抜柱作業の効率化に関する研究	岡田 誠二
	停電・仮送電作業の効率化に関する研究	岡田 誠二
	高圧電線作業の効率化に関する研究	北野 慎二
	施工安全・品質が向上する配電用品・工具類に関する研究	岡田 誠二
	工事写真整理方法に関する調査	野口 竜司
	建設系廃棄物の3R推進に関する調査	加藤 勇治 近田有希子
	クラウド型溶解エネルギー管理手法の構築に関する応用研究	西村 叔介
	分光分析に基づいた絶縁油劣化診断装置の実用化	大島誠一郎
	インパルス試験を用いた低圧電動機固定子巻線の良否および劣化診断法の研究開発	中村 久栄
オンサイトEL測定手法の改良	青山 泰宏	
3/30 (木)	燃料電池を含めた直流マイクログリッドシステムの最適制御手法の開発	西戸 雄輝 棚橋 優
	DC給電方式における基礎研究	中川 雅也
	バリューチェーン強化のためのお客さまデータ活用方法の研究	成瀬 仁
	PPAに対応した太陽光発電における発電量予測技術の開発	青山 泰宏
	需給調整市場参入に向けたデマンドレスポンスシステムの開発	西村 叔介
	落雷時過電圧を抑制する設計に関する研究	山本 達也
	低圧電路監視装置の改良	大島誠一郎
	空調機用アクティブフィルタと自動力率調整装置を用いた力率適正化手法の実用化に関する研究	藤田 悠
	LPWAの構造分析とIoT・AI等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究	小椋 雅夫
	ローカル5Gの導入に関する調査	高橋 寿男 林崎 真也

全社技術研究発表会

技術研究開発部は、2022年12月1日、本店本館6階講堂にて全社技術研究発表会を開催した。本年もWeb会議システムの併催により各支店・方面本部からも多数聴講された。

発表会では、技術研究開発部、配電本部、中部本部から5人が発表、社長賞ほか各賞が選ばれ、表彰された。名古屋大学 加藤丈佳教授による「地域エネルギー需給評価プラットフォームの構築」と題した特別講演も行われた。

発表件名	発表者		受賞名
照度測定ロボを利用した測定業務の効率化	中部本部 内線部 工事第二グループ	安藤 篤宏	
絶縁抵抗試験成績書自動作成ソフトの開発	技術研究開発部 研究開発グループ	伏見 文弥	
仮送電工法のリニューアルについて	配電本部 配電技術部 工法・用品グループ	伴 賢太	奨励賞
給食センターにおけるHACCP対応施工例の紹介	中部本部 空調管部 工事第二グループ	中泉 宣彦	社長賞
給食センター向けデマンド制御システムの開発	技術研究開発部 研究開発グループ	千葉 理恵	審査員賞

社外講師・セミナー講師

技術研究開発部では、社外の団体が主催する講座に講師として参加し、研究成果の紹介等を行っている。

演 題	講 師	講演先・日付
トーエネックの業務紹介と進路選択の考え方について	大島 誠一郎	愛知県立春日井高校、日本電気協会特別講座「電気の魅力を伝える」2022.11.21
要家電力資源のフレキシビリティのアグリゲーションによるエネルギーサービスに関する標準仕様（JEC-TR-59006）講習会（第6、7章）	小林 浩	電気学会電気規格調査会WEB講習会 2023.5.16
株式会社トーエネックの紹介	中川 雅也	2023年度電気設備学会中部支部キャリアセミナー2023.6.7
需要家システムにおけるスマートグリッド構築技術	小林 浩	中部大学（特別講師） 2023.7.10
電力システム制御特論 ースマートパワーシステム事例解説ー	小林 浩	名古屋工業大学（非常勤講師）2023.7.12
電気設備のスマート保安の動向と弊社の取り組み	小林 浩 大島 誠一郎	電気主任技術者研修会（愛知・静岡で計4回）2023.8.31（ほか3件）
脱炭素社会実現に向けた需要設備のエネルギーマネジメント	小林 浩	名古屋工業大学（非常勤講師）2023.9.27

受賞・表彰記録

受賞日・受賞名	内 容	受賞者
2022.12.9 第40回電気設備学会全国大会 優秀発表賞	地域MG内における需要家設備に与える影響に関する研究（その1）～地域MG構内におけるSR付きSCによる高調波電圧抑制効果の検証～	中川 雅也
2023.2.8 2022年電気学会産業応用部門 技術委員会 優秀論文発表賞(スマートファシリティ技術委員会 部門表彰)	赤外分光スペクトルを利用した絶縁油劣化指標の推定手法の検討	大島 誠一郎
2023.3.25 日本電気協会主催「特別功績者表彰」	アセットマネジメントに基づく電気設備の中長期保全費用推定ツールの開発	大島 誠一郎
2023.5.25 第19回電気設備学会中部支部賞	<ul style="list-style-type: none"> ● 中部支部の委託調査研究において幹事として長年尽力 ● 電気設備学会 学術部門論文賞受賞 	藤田 悠
2023.09 令和5年電気学会 電力・エネルギー部門 研究・技術功労賞	配電システムの電力品質向上技術発展への貢献	小林 浩

学との交流

技術研究開発部は大学等、外部の知見を活用した研究を推進している。2023年度は6件の共同研究または委託研究を実施している。

研究件名	共同・委託研究先の先生
油入変圧器絶縁油の分光分析による劣化診断手法の開発に関する研究	三重大学 地域イノベーション学研究科 橋本 篤 教授
雷過電圧抑制設計に関する研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 工学専攻 安井 晋示 教授
電動機の劣化・故障診断手法の研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 工学専攻 水野 幸男 教授
柱上変圧器に接続する需要家機器を利用した災害時マイクログリッドに関する実験的検討	名古屋大学 未来材料・システム研究所システム創成部門 加藤 文佳 教授
高調波計算精度向上を目的とした需要家負荷のシミュレーションモデルに関する研究	名古屋工業大学 大学院工学研究科 工学専攻 青木 睦 准教授
EL測定を用いた異常太陽電池モジュールの特性評価に関する研究	名城大学 理工学部 電気電子工学科 山中 三四郎 教授

メッセ名古屋2022

開催期間 2022年11月16日(水)～11月18日(金)
 会場 ポートメッセなごや
 出展製品名 スカムリデューサー
 オンサイトEL測定技術



テクノフェア2022

開催期間 2022年10月27日(木)～12月23日(金)
 会場 WEB展示会
 出展製品名 スカムリデューサー
 オンサイトEL測定技術

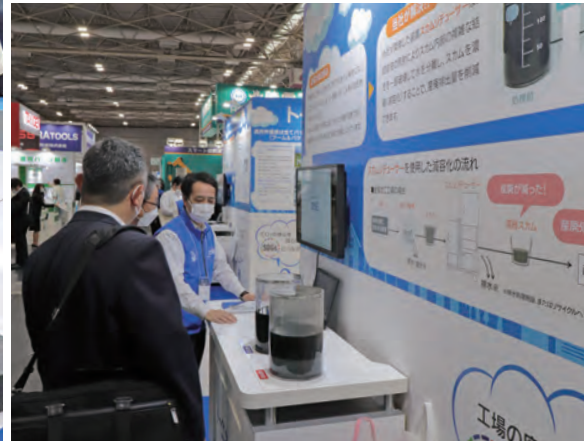
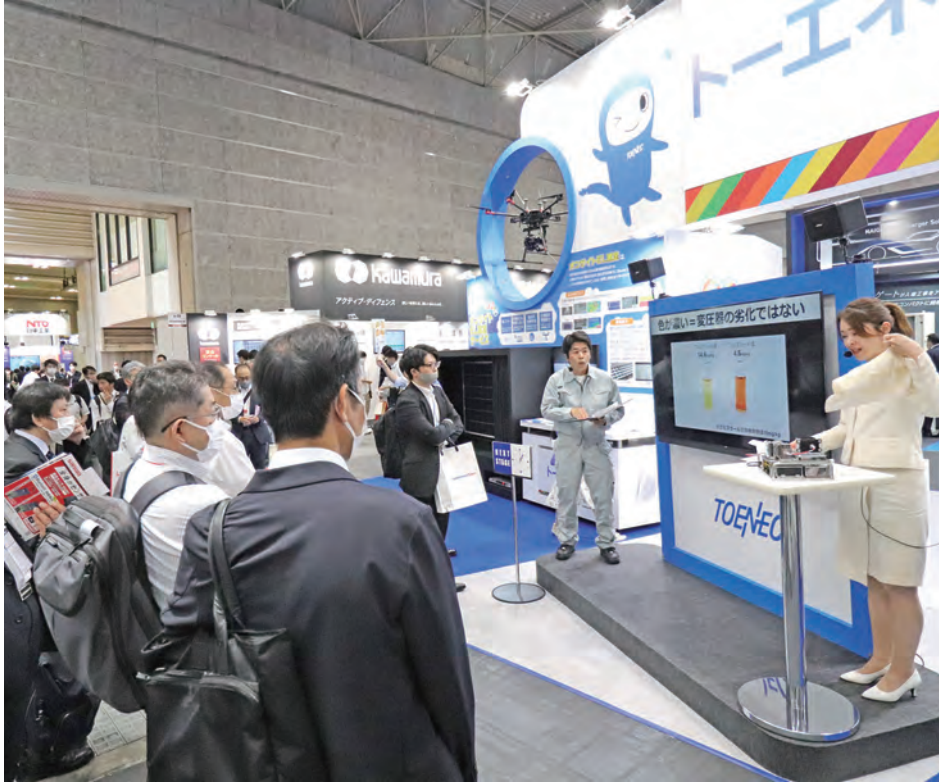
太陽光発電PV EXPO2023

開催期間 2023年3月15日(水)～3月17日(金)
 会場 東京ビッグサイト
 出展製品名 オンサイトEL測定技術



JECA FAIR2023

開催期間 2023年5月24日(水)～5月26日(金)
 会場 インテックス大阪
 出展製品名 スカムリデューサー
 オンサイトEL測定技術



電気学会 全国大会企業展

開催期間 2023年3月15日(水)～3月17日(金)
 会場 名古屋大学 東山キャンパス ES 館
 エントランスホール
 出展製品名 油入変圧器の現地診断装置

電気学会 部門大会企業展

【エネルギー部門大会】

開催期間 2023年9月4日(月)～9月6日(水)
 会場 愛知工業大学 八草キャンパス
 1号館1階ホール
 出展製品名 油入変圧器の現地診断装置



学会・雑誌への発表・投稿

件名	著者(発表者○)	発表雑誌・掲載誌
赤外分光スペクトルを利用した絶縁油劣化指標の推定手法の検討	○大島誠一郎、伏見文弥、 中村久栄(技術研究開発部) 末原憲一郎、橋本篤(三重大学)	スマート ファシリティ研究会 2022.11.2
編集委員が選んだ気になる論文 第37回 TN系統におけるビル直撃雷による分電盤 過電圧発生メカニズムの考察	○山本達也、小林浩(技術研究開発部)、 小森駿矢、安井晋示(名古屋工業大学)	月刊 電設技術 2023.1
アクティブフィルタ搭載空調機の実測 データを活用した低圧電圧ひずみ抑制効 果の定量的検証	○藤田悠、小林浩(技術研究開発部)	スマート ファシリティ研究会 2023.1.6
ビル直撃雷に伴う分電盤過電圧に対する配線 設備の影響	○劉倩伶、中村飛翔、黄彦韬、 安井晋示(名古屋工業大学) 山本達也、中川雅也(技術研究開発部)	高電圧研究会 2023.1.26
ビル直撃雷による低圧配線用接地線の雷電流 発生メカニズムの考察	○中村飛翔、劉倩伶、黄彦韬、 安井晋示(名古屋工業大学) 山本達也、中川雅也(技術研究開発部)	
近赤外分光情報に基づいた油入変圧器の劣化 診断手法の提案	○大島誠一郎、伏見文弥、 中村久栄(技術研究開発部) 末原憲一郎、橋本篤(三重大学)	光応用・視覚/計測合 同研究会2023.2.24
線形近似と機械学習を併用した電力デマンド 予測手法	○棚橋優、小林浩(技術研究開発部) 中村勇太、青木睦(名古屋工業大学)	電気設備学会 論文誌 43巻2号 2023.3.10
赤外分光領域の吸光度スペクトル情報を 用いた絶縁油中のフルフラール含量の推 定手法の提案	○大島誠一郎、伏見文弥、 中村久栄(技術研究開発部) 末原憲一郎、橋本篤(三重大学)	電気学会全国大会 2023.3.15
電動機ベアリングの電食診断	○三輪大和、ダオ バン トウアン、 水野幸男(名古屋工業大学) 中村久栄(技術研究開発部)	
インパルス試験に基づいた固定子巻線の 熱劣化検出に関する検討	○中村久栄(技術研究開発部) 水野幸男(名古屋工業大学)	
空調機用アクティブフィルタと自動力率調整 装置の協調制御手法	○藤田悠、小林浩(技術研究開発部) 小嶋広幹、太田圭祐、 河野雅樹(ダイキン工業)	
地域マイクログリッドにおける単独運転検出 装置の動作検証	○小林令佳、青木睦(名古屋工業大学) 飯岡大輔(中部大学) 深江隆之、 濱田康佑(中部電力パワーグリッド) 小林浩、藤田悠、 中川雅也(技術研究開発部)	保護リレーシステム 研究会 2023.5.23
Effect of wiring installation system on overvolt age at the distribution boards of a building struck directly by lightning	○劉倩伶、中村飛翔、黄彦韬、 安井晋示(名古屋工業大学) 山本達也、中川雅也(技術研究開発部)	Asia-Pacific Interna tional Conference on Lightning 2023.6

件名	著者（発表者○）	発表機関・掲載誌
Generation Mechanism of the Overvoltage between the Grounding Lines in TT System of a Building Struck Directly by Lightning	○中村飛翔、劉倩伶、黄彦韬、 安井晋示（名古屋工業大学） 山本達也、中川雅也（技術研究開発部）	Asia-Pacific International Conference on Lightning 2023.6
私はこうして資格を取ったー忙しくても資格は取れますー	○大島誠一郎（技術研究開発部）	月刊 電設技術 2023.8
燃料電池を含む直流マイクログリッドシステムの効率評価	○西戸雄輝、中川雅也、棚橋優、 大島誠一郎、藤田悠、林崎真也、 高橋和宏、小林浩（技術研究開発部）	電気設備学会全国大会 2023.8
最適化手法と電気設備関連技術への適用に関する調査研究ーその3 高層ビルにおけるサブ変電所・分電盤の最適設置ー	○棚橋優、小林浩（技術研究開発部） 安井晋示（名古屋工業大学）	
地域MG内における需要家設備に与える影響に関する研究（その1）～配電系統用AFを用いた高調波電圧抑制効果の検証～	○中川雅也、藤田悠、 小林浩（技術研究開発部）、 青木睦（名古屋工業大学） 飯岡大輔（中部大学） 深江隆之、濱田康佑、佐野真也 吉野真（中部電力パワーグリッド）	
地域MG内における需要家設備に与える影響に関する研究（その2）～地域MGの事故時の対応策～	○小林令佳、青木睦（名古屋工業大学） 藤田悠、小林浩（技術研究開発部） 飯岡大輔（中部大学） 深江隆之、濱田康佑、佐野真也、 吉野真（中部電力パワーグリッド）	
ビル直撃雷に伴う構造体雷電流波形の推定	○劉倩伶、中村飛翔、黄彦韬、 安井晋示（名古屋工業大学） 山本達也、中川雅也（技術研究開発部）	
ビル直撃雷による過電圧抑制に向けた配線設計手法の基礎検討	○中村飛翔、劉倩伶、黄彦韬、 安井晋示（名古屋工業大学） 山本達也、中川雅也（技術研究開発部）	
需要家内に構築した直流給電システムにおける電力変換効率の実測評価	○藤田悠、中川雅也、大島誠一郎、 小林浩（技術研究開発部） 國井康幸（中部電力）	
電気設備学会におけるカーボンニュートラルに向けた取り組みー第100回を迎える地球環境委員会の活動成果と今後ー	○小林浩（技術研究開発部） 滝澤総（日建設計）、 寺田克己（東芝インフラシステムズ） 小田島範幸（清水建設） 小野田修二（大成建設） 上村健（鹿島建設） 河野哉穂（大林組） 菊池良直（東光電気工事） 近藤裕介（国土交通省） 鷹野一朗（工学院大学） 留目真行（関電工） 丸林洋大（パナソニック）	
某物流倉庫の鉄骨柱への隠蔽施工について【露出配管を無くす】	○浅田淳平（大阪本部営業部）	
外装照明のユニット化	○本田寛（東京本部内線部）	
客室内ケーブルのユニット化による効率化及び作業人員削減効果について	○松本大伸（三重支店四日市営業所）	

件名	著者（発表者○）	発表機関・掲載誌
室外機ユニット化による施工時間短縮とコスト削減	○猪口秀昭、 三輪英之（中部本部内線部）	電気設備学会全国大会 2023.8
現場竣工時期での送受電業務分業化による業務効率化取組事例	○数崎剛（内線統括部） 西部明男、野々部雄樹（名西営業所） 寺澤旭弘、内田滉人（中部本部内線部） 中村太亮（名南営業所）	
分電盤・動力制御盤の製作に関する留意事	○早川昌克（東京本部茨木支社）	
受変電設備の先行搬入事例	○太田光亮（東京本部内線部）	
特別高圧受変電設備の高圧化事例	○加藤大士（東京本部内線部）	
市街地中心部における400tクレーンによる発電機の揚重事例	○小倉友和、大熊直純、 馬淵保幸（岐阜支店営業部）	
バイオメトリクス認証のクリーンルームにおける施工事例と有効性	○近藤瑞樹、小池亮介、 安藤雅徒（名西営業所） 渡辺義紘（中部本部内線部）	
空調機用アクティブフィルタと自動力率調整装置の協調制御手法に関する実験的検証	○太田圭祐、河野雅樹、 小嶋広幹（ダイキン工業） 藤田悠、小林浩（技術研究開発部）	電気学会D部門大会 2023.8.23
パラメータ同定に基づいた電動機固定子巻線の絶縁劣化の定量評価検討	○中村久栄（技術研究開発部） 水野幸男（名古屋工業大学）	電気学会C部門大会 2023.8.30
需要家マイクログリッドシステムへのAI、IoT技術の適用事例	○小林浩（技術研究開発部）	電気学会電子情報システム部門大会 2023.9.1
空調機用AFとAPFCの無効電力協調制御による配電系統の電圧上昇抑制効果	○藤田悠、小林浩（技術研究開発部） 太田圭祐、河野雅樹（ダイキン工業）	電気学会B部門大会 2023.9.4
2台のPV用PCSによる自立運転に関する実験的検討	○加藤文佳、石井勇氣、 占部千由（名古屋大学） 中川雅也、藤田悠 小林浩（技術研究開発部）	
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275 蓄電池プログラムを用いた太陽光発電有効利用の検討	○小林浩（技術研究開発部） 二宮博史、滝澤総（日建設計） 柳原隆司（RY環境・エネルギー設計） 村上周三（一財住宅・建築SDGs推進センター）	空気調和・衛生工学会大会 2023.9.6
ライフサイクルエネルギーマネジメントのための空調システムシミュレーションツール（LCEMツール）の機能拡張に関する研究 第3報:熱負荷作成支援ツールの検証	○千葉理恵（技術研究開発部） 長井達夫（東京理科大学） 渡邊剛（NTTファシリティーズ） 田中英紀（名古屋大学） 丹羽英治（日建設計総合研究所） 時田繁（一社公共建築協会）	
電食を有する電動機の負荷電流に対する周波数解析	○中村久栄（技術研究開発部） 寺田哲人、三輪大和、 水野幸男（名古屋工業大学）	産業応用工学会 全国大会2023 2023.9.7

各種学会・士会への加入奨励

中期経営計画2027基本方針には「成長分野への挑戦」「既存事業の深化」が挙げられている。この実現を目指し、当社従業員がお客さまの要望に応えることや社会に貢献するためには、自身の技術力を向上させることが重要である。

従業員の技術力をプロフェッショナル人材にふさわしく向上させるため、教育センターや各部門による研修(教育)が行われている。また、業務を通じて、上司や先輩によるOJTも継続的に実施されている。

しかし、常に最新の技術情報や技術動向について知識習得するには、各種学会・士会に加入して、会誌の購読や見学会・講習会などの学会事業への参加が効果的だと考えている。最新の技術情報を知ることによって自身の技術力向上につながるだけでなく、お客さまへの技術的な提案やアドバイスにより、お客さ

まからの信頼を得ることも可能となる。

また、学会・士会への加入による知識習得は、当社の重点資格である「技術士」や「電気主任技術者」などの合格に近づくことが可能と思われる。これら重点資格の保有者数が増えることは、当社の技術力を示すことにつながる。

従って、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4のとおりである。自身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。

表4. 当社業務に関係が深い学会・士会

学会・士会名	技術分野	主な重点資格
電気設備学会	電気設備全般	電気主任技術者
電気学会	電気全般	
照明学会	照明全般	
計装士会	監視・制御装置全般	計装士
空気調和・衛生工学会	空調・換気・衛生設備全般	空気調和・衛生工学会設備士
日本建築学会	建築全般	建築士、建築設備士
建築士会	建築全般	
電子情報通信学会	情報通信全般	電気通信主任技術者
情報処理学会	情報処理全般	
日本技術士会	電気電子、空調・衛生、情報通信 他	技術士

2023年度（第41回） 電気設備学会全国大会に参加して

技術研究開発部
研究開発グループ長 中井 一夫

1. はじめに

2023年度の電気設備学会全国大会は、工学院大学新宿キャンパス（東京）に於いて、8月30日（水）、31日（木）の2日間で開催された。

一般講演の投稿件数は218件で、そのうち当社は15件であった。

本稿では、一般講演テーマの一部と特別講演、シンポジウムの概要を紹介する。

一般講演プログラムは、電気設備学会のホームページを参照されたい。

2. 一般講演

2.1 BIM活用に関する講演

BIM（Building Information Modeling）の属性情報を用いて設計書作成業務の効率化を図った3件の講演の概要を紹介する。なお、括弧内は講演者の所属である。

(1)Revitを活用し、入力情報や幹線の番号付けなどをルール化し、幹線計算などの自動化を容易にした。（大林組）

(2)Revitと連携可能なDynamoを使ったプログラムを開発し、BIMアプリ内で計算書作成を完結させた。（きんでん）

(3)Rebroを利用し、属性情報をCSVファイルに出力し、表計算ソフトの機能を使って、設計書を作成。CSVファイルを介在することで、将来は他のBIMソフトでも活用できる。（関電工）

<感想>

(3)のRebroを用いた手法は、当社が開発したツールと概ね同じコンセプトであった。各社の開発は昨年度からかなり進んでおり、当社も開発を急ぐ必要がある。

2.2 施工でのITツール活用に関する講演

ITツールを活用して施工現場での効率化を図った5件の講演の概要を紹介する。

(1)使用したOpenSpace（アプリ）は、全方位カメラを持ち歩いた映像を関係者で共有でき、移動ルートのストリートビュー作成も可能。安全巡

視の遠隔臨場、現場の進捗管理、教育資料作成などに活用できる。（九電工）

(2)複数建物の総合連動試験にリモート通信Microsoft Teamsによるリモート通信を活用。エネルギーセンタ監視室で各需要家の中央監視画面を確認できるため、スムーズで安全な試験、トランシーバを使う場合の中継人員削減、試験後の不具合の容易な確認を実現できた。一方、タイムラグ、映像向上（画質・画角・手振れ）、電波状況などの改善が課題である。（東光電気工事）

(3)メガソーラー工事の管理業務に4G回線のインターネットカメラを導入し、移動時間ロスを削減。カメラは三脚でレベル調整し、アングルはタブレットなどから操作する。施工ミスの指摘や進捗状況の確認が可能であり、指示がスムーズになり、手戻りも削減した。（きんでん）

(4)スパイダープラスを導入して効率化を図った。タブレット端末での図面管理機能、工事写真機能、検査記録機能を活用した。紙図面の持ち歩きの廃止、写真編集や撮影場所照合時間の短縮、検査測定値自動入力による転記ミス防止や報告書作成の効率化などに寄与した。（きんでん、関電工、各1件）

<感想>

施工現場で多くのITツールが活用されているが、無線通信の安定性などの課題もある。機能面や使い勝手も一長一短である。当社でも積極的に試行し、より良いものを取り入れたい。

2.3 太陽光電池に関する講演

太陽光発電（PV）の評価に関する3つの講演の概要を紹介する。

(1)災害時の長期停電に対する簡易な非常用電源として、次世代型太陽電池である有機薄膜のペロブスカイトの活用を検討した。薄い、軽量、柔軟で可搬性等に優れることから「シートPV」を製作し、性能を評価した。発電量は日射強度や表面温度によらず、垂直より水平設置が大きかった。（関電工）

(2)住宅屋根に適用する太陽光追尾型PVシステムの強風対策と発電量確保を考慮した可動範囲を検討。4月と9月での試験では、30°基準の±10°の可動が良い結果であった。この時の発電量は30°固定の場合より12%増加した。（サレジオ高専）

- (3)ペロブスカイト型太陽電池を大学の壁面に設置する場合の電力料金削減効果を試算した。日射量はNEDOデータと直散分離計算から求め、建物の壁面面積は地図アプリより簡易的に求めた。建物の上半分にPV設置、窓面積率20%の条件とした。(大阪公立大)

<感想>

太陽光電池の研究開発ではペロブスカイト型が注目されている。新しい技術の先行優位性を確保することは重要である。太陽光電池の技術に関わらず、新技術の特徴を生かした活用アイデアを考えたい。

2.4 ZEB改修事例に関する講演

リニューアルZEBの事例3報(連報)の概要を紹介する。

- (1)カーボンニュートラルファクトリーを目指した取り組み。対象工場の事務所棟は改修前のBEI (Building Energy Index; エネルギー消費性能計算プログラムに基づく、基準建築物と比較した時の設計建築物の一次エネルギー消費量の比率)が0.47で既にZEB readyであった。高効率パッケージエアコン、人明るさセンサ、高効率全熱交換器、昼光取込みブラインドによる省エネ化によりBEIを0.45とし、更に事務所棟PVで0.09とした。工場棟は8,000m²であり、1MWのPVを設置した。今後、エネルギーマネジメントシステム(EMS)で余剰発電量を予測し、大容量蓄電池、水素製造、自己託送を計画する。(大成建設)
- (2)地上9階建ての中規模オフィスでの上層階部のZEB化改修に壁面PVを採用した。BEIは0.43で、更に創エネにより0.39とした。上記(1)の自己託送や再エネ電力証書などでCNを実現する。省エネ化は、外皮性能向上、照明LED化(照度500lx)、空調設備のダウンサイジングである。ガラス一体型発電システムは意匠性を向上したカラーガラス利用のソリッドタイプ(共同開発)を壁面に設置した。窓面はシースルータイプとした。(大成建設)
- (3)上記(2)とは別の中規模オフィスでのZEB化改修の取組み事例である。高効率空調機、LED照明、タスクアンビエント照明、人検知センサでの照明発停、昼光制御、空調制御などを実施。BEIは改修前の0.93から0.42とし、更にPV設置で0.37とした。中央監視スペース不足や管理者不在をクラウドBEMSで解決。センサや天気予報

などからAI最適化運用を行う。また、社員証のビーコンと人検知センサにより個人の位置を特定し、好みの環境を自動制御により再現する。

(大成建設)

<感想>

ZEB技術に適用される新しい省エネ策は少なかったが、既に導入されている技術であっても自社で実際に適用・評価しないと設計ノウハウが得られない。今後、これらのZEB技術のうち、お客さまに有用なものを実証・評価したい。

2.5 エネルギー利活用に関する講演

エネルギーをテーマとしたセッションから7件の講演の概要を紹介する。

- (1)コンセント内に設置できるセンサ内蔵のスマートコンセントを開発。電力、温度、湿度などのクラウド保存を可能とした。(芝浦工大)
- (2)オフィスの電力需要予測において、前日との気温差が大きい日の予測精度向上策を検討した。重回帰分析、ランダムフォレスト、ディープラーニングによる予測手法を比較した結果、ランダムフォレストが高精度であった。(関電工)
- (3)高負荷である新聞社のオフィスの消費電力を実測した結果、一人当たりのコンセント負荷がノートパソコンの普及に伴い、約10年前の既往研究の値から半減していた。(大林組)
- (4)市庁舎のBCP対策でPVと蓄電池を導入。リチウムイオン電池よりLCCO₂が低い鉛蓄電池を採用。充放電繰り返しによる劣化を抑制するために週1回のリフレッシュ運転(過充電によりサルフェーション防止)を行う。(九電工)
- (5)地域エネルギーマネジメントシステムとして、現地に設置したパソコンによる「高度CEMS」とクラウドで運転データを分析して高度CEMSを成長させる「進化型CEMS」を組み合わせた。(大成建設)
- (6)水素エネルギー利用システムを自社支店ビルに導入し、実運用でZEBを達成。休日の太陽光発電の余剰電力で水素を製造し、水素吸蔵合金に貯蔵する。貯蔵した水素の半分の1,000kWh相当分をBCP用に残しておき、半分を平常時に利用する。(清水建設)
- (7)住宅に交流と直流の配電システムを接続し、住宅間で電力融通をする手法を考案。各戸の蓄電池の出力電圧を変更しないと潮流が制御できない。

また、配線の電圧降下も考慮して電圧値を変更する必要がある。(ダイヘン)

<感想>

エネルギーのセッションの分野や研究段階などは多岐にわたっていた。実測結果での課題やシステム導入における工夫点など参考となるものは当社の研究開発に役立てたい。

2.6 同業他社の講演

上記以外の他電工会社の講演の概要を6件紹介する。

- (1)いすみ市の地域マイクログリッドシステムの平常時の運転実績を報告。学校の電力負荷が少なく、余剰電力が生じると抑制運転しており、今後、逆潮などによる再エネ利用率向上策を検討する。(関電工)
- (2)河川監視カメラを設置し、回線に地域広帯域移動無線アクセス(地域BWA)を使用した。BWAの上位回線は基地局ごとの光インターネット回線。キャリア回線と比ベニシャルコストは高いが、ランニングコストは低く約3年で回収できる。カメラ映像を自治体ホームページに公開しており、台風時に閲覧数が増加した。(中電工)
- (3)蓄電池の収納はコンテナ型が主流であったが、新たにキュービクル型を開発し、15%程度のコストダウンを図った。サイズが自由にできる点も特徴。キュービクル内の温度状況は、エアコンの設定を変更した試験で確認した。(関電工)
- (4)作業員の体調管理に心拍数からアラートを通知する製品があるが、実態に即していない場合もある。そこで、年齢別に心拍数データを分析した。40代の心拍数は全ての作業で安定していたが、20代では心拍数のばらつきが大きく、作業の熟練度などが影響していると推測した。(関電工)
- (5)13%リアクトル付き進相コンデンサ(SC)で高調波引き込み現象が発生した。SCの電圧・電流を測定すると第3次高調波電圧および電流が比較的高かった。リアクトルに原因があると考え、実験を行ったが、飽和する領域はJISの規格通りであった。(関電工)
- (6)垂直ケーブルラックへの弱電ケーブル布設作業において、ケーブルを上層階から降ろす際にラックへ絡まる、あるいは床孔をうまく通せな

い等の問題があった。これを解消する治具を開発。事前にラックに沿って細いワイヤを通しておき、ワイヤに取り付けた治具に弱電ケーブルを接続する。治具がワイヤに沿って自動下降することで布設できる。(きんでん)

<感想>

他電工会社の取組みは、当社で未検討の内容もあった。今後、詳細な情報を収集し、研究開発の参考としたい。

3. 特別講演

演題：「ゼロエミッション技術開発における国際連携」

講演者：産業科学総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター 吉澤 徳子氏

「カーボンニュートラルに向けた社会動向と国際連携の重要性」と「国際連携視点での技術開発事例」について講演された。

(1)カーボンニュートラルに向けた社会動向と国際連携の重要性

CN実現には国際連携が重要であるが、現状は各国の思惑が異なり合意が難しい。理想を追いCNを推進したい国、産業と結び付けたい国、安価な化石燃料を使いたい国などがある。

また、各国のエネルギー事情も変化しており、再エネを推進しているドイツや原子力発電の比率が高いフランスも、ウクライナ情勢によりエネルギー利用の多様化が求められている。

(2)国際連携視点での技術開発事例

産総研が取り組んでいる技術開発の一つである「再エネを用いた水の電気分解による水素製造」では、社会実装に向け、製造効率・純度、用途・期間に適した貯蔵方法・変換効率、発電・水素取り出しの効率、物質循環経路構築などが課題である。

「太陽光発電」では、材料を塗布・印刷することで製造できる有機系のペロブスカイト型太陽電池の研究開発を行っており、高生産性、低コスト、軽量が特徴である一方、寿命、耐湿性が課題である。

その他、「大気中からのCO2回収技術」や日本の海底に多い玄武岩にCO2を固定する「風化促進」にも取り組んでいる。

これらの技術は2050年までには確立できるが、その先のビジネスモデルが重要である。

4. シンポジウム

「未来に備えるインフラ設備の強靱化(防災・減災)」

コーディネータ：高木 亮氏（工学院大学工学部
電気電子工学科教授）

5名のパネラによるサブテーマの講演が行われた後、質疑、コーディネータとパネラによる討論が行われた。

<サブテーマ>

① 巨大都市の防災・減災

（久田嘉章氏：工学院大学建築学部教授）

災害発生場所から逃げることは群集による二次災害リスクがあり、今後は逃げる必要のない留まるための対策が必要である。方策として、高耐震化（等級3推奨）、電気設備への耐震ブレーカ設置や自動停止化などが有効である。

② 高層ビル向けエレベータの防災・減災

（浅見郁夫氏：東芝エレベータ）

地震が来てもエレベータを動かし続けるための高耐震エレベータの設置、危険領域を避け揺れが収まるまで待機する制御などを考えた。また、5秒後の揺れを瞬時に予測する技術を開発した。

③ J R 東日本の駅における電源設備の強靱化の取組み

（神馬健清氏：東日本旅客鉄道）

これまでの大規模災害により取られてきた対策として、非常用電源の稼働長時間化、衛星通信設備の整備、帰宅困難者対策の一次滞在所の整備、電気設備の嵩上げ、止水板設置、移動電源車の整備などを行った。

④ 道の駅つどいの郷むつざわにおける災害時エネルギー自立の取組み

（松田健士氏：パシフィックパワー）

コージェネレーションシステム、太陽光、太陽熱利用から成るマイクログリッドを採用したスマートウェルネスタウンをつくった。無電柱化により大型台風の被害も少なく、停電後の迅速な電気供給、温浴施設でのシャワー提供で地域貢献できた。

⑤ 大規模災害に備えたレジリエンス強化

（武藤英司氏：東京電力パワーグリッド）

台風による大規模停電を教訓に、被害状況等の現場情報収集のシステム化、仮復旧時における工法の統一、災害時連携計画に基づく電力会社間の共同訓練、自治体・自衛隊との連携に取り組んだ。

5. おわりに

2023年度の当社の発表件数は15件で、同業他社では開催地の関電工の35件に次ぐ数であった（きんでん10件、九電工7件、中電工4件など）。当社

は技術研究開発部5件の他、現業部門からも施工関連内容も10件発表された。

今後も当社の技術力を社外にアピールするために発表件数を増やしたく、当部も論文作成など支援するので、積極的な投稿をお願いしたい。

以上

編集後記

トーエネックの技術開発（TD）とは何か、そもそも技術とは何か、と今回の編集後記を記すにあたり次のように考えてみました。技術とは単なる物理的なテクノロジーという場合もあるが、やはり総合設備業として社会を支える我々の技術は、人が道具や機械を余すことなく使い尽くす匠の技とすることができる。またお客さまの期待を超える品質を実現する組織能力が我々の技術力と言えるのではないか。さらに、これらを進化させ続ける強い意志までを含めて技術開発力と言っても良いのではないか。

今回のレポートも執筆者の技術力または技術開発力という魂を埋め込んだ珠玉の1冊となったと自負しています。ぜひ手に取って、見て、読んでいただき、皆さまからのご意見ご要望をお聞かせいただければ幸いです。（圭）



TDレポート第39号

2023年10月発行

株式会社トーエネック技術研究開発部 TD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

株式会社 トーエネット

名古屋市中区栄1丁目20番31号TEL (052) 221-1111

