

ヒトとセンサー情報の紐づけによる ビル設備管理業務の効率化方式の提案

木村文昭¹ 佐藤冬樹¹ 遠藤嘉人¹
佐藤智洋¹ 木村剛維¹ 北上眞二²

概要：我が国では、人口減少・少子高齢化が進み労働人口の減少が社会問題となっている。特に、ビル設備管理業界においては、バブル経済崩壊以降に増加した大規模オフィスビルの管理・運営において人手不足感が強まっている。そのため、ビル設備管理業務の効率性の改善が望まれている。また、設備管理業務は、多種多様化する大規模オフィスビルで、これまでの経験から独自にノウハウを蓄積してきたが、これまで以上の高齢化が進むとノウハウ伝承が難しくなっている。本研究では、これまで活用されることがなかった、テナントなどのビル利用者から発信される問い合わせや、クレームに対応した記録である日報データを、テキストマイニング手法と、機械学習を用いて分析を行い、設備管理者に有効な情報を提供することにより、ビル設備管理業務の効率化を図る方式について提案する。また、実際に稼働している大規模オフィスビルの蓄積された日報データを用いてシミュレーションを行い、その有効性について評価する。

Proposal of an Efficient Method of Building Facility Management by linking Human and Sensor Information.

FUMIAKI KIMURA¹ FUYUKI SATO¹ YOSHIHITO ENDO¹
TOMOHIRO SATO¹ TAKEYUKI KIMURA¹ SHINJI KITAGAMI²

1. まえがき

我が国では、人口減少・少子高齢化が進み労働人口の減少が社会問題となっている。その中でも、サービス・建設・運輸業において人手不足感が強まっている。特に、ビル設備管理業界においては、バブル経済崩壊以降に増加した大規模オフィスビルの管理・運営において人手不足感が強まっている。そのため、ビル設備管理業務の効率性の改善が望まれている。また、設備管理業務は、多種多様化する大規模オフィスビルで、これまでの経験から独自にノウハウを蓄積してきたが、これまで以上の高齢化が進むとノウハウ伝承が難しくなっている^{[1][2]}。

近年の大規模オフィスビルは、商業施設が併設され土日祭日においても多くの利用者が存在している。また、外国籍企業もテナントとして入居しているビルも多く、母国との時差の関係で夜間も利用者が在館しており、閉館する時間帯が少なくなるなど、ビルの利用者も多種多様化している。このような大規模オフィスビルにおける設備管理業務は、24時間365日、設備員が常駐し、設備の管理・運営業務を行っている。主な業務は、日常計画的に実施する設備点検業務と、ビル利用者からの問い合わせ、BEMS (Building and Energy Management System)からの警報を受信した後のトラ

ブル対応である。設備管理業務の効率化を妨げている要因は突発的に発生するトラブル対応である。なお、現在の設備管理業務では、設備監視を行う中央監視機能と BMS (Building Management System)^[3]機能を実装した BEMS を活用している。

しかし、BMS 機能は BEMS の付属的な位置づけとして導入されることが多く、機器の保全計画や更新時期などビル経営に有効な情報提供が主な目的となっており、導入後の変更柔軟に対応することは難しい。そのため、突発的なトラブル対応などに BMS 機能を積極的に活用しているケースは少ない。

一方、設備管理業務で実施した点検やトラブル対応は、すべて記録され、日報形式でビル経営者に報告される。ビル経営者はこれらの情報を把握したうえで、テナント側との関係構築を行っており、ビル経営に有効な情報であるが、テナントなどの利用者からの問い合わせやクレームを減少させるなどの情報としては活用されていない。

今後も深刻な人手不足が予測される設備管理業務において、大規模オフィスビルでの設備管理業務で対応するビル利用者や関係者から発信される問い合わせやクレームの対応情報を、設備管理業務の効率化とノウハウ伝承に活用が求められる。

本稿では、これまで活用されることがなかった、テナントなどのビル利用者から発信される問い合わせや、クレームに対応した記録である日報データを、テキストマイニング手法と、機械学習を用いて分析を行い、設備管理者に有

¹ 三菱電機ビルテクノサービス株式会社
Mitsubishi Electric Building Techno-Service Co.,Ltd.

² 福井工業大学
Fukui University of Technology

効な情報を提供することにより、ビル設備管理業務の効率化を図る方式について提案する。また、実際に稼働している大規模オフィスビルの蓄積された日報データを用いてシミュレーションを行い、その有効性について評価する。

2. ビル設備管理業務の課題

2.1 ビル設備管理業務の概要

一般的にビルなどの建物は、維持・管理を行うために、所有者が直接行わずに専門業者に請負契約を締結することが多い。その範囲は、清掃・衛生管理、設備管理、警備・防災の3つに大別され、大規模ビルでは各々に契約を行うケースが一般的であるとされている。そのうち設備管理では、電気設備・空気調和設備・給排水・衛生設備・防災防犯設備・搬送設備・通信情報設備などの総合管理、運転監視、定期点検を行い、異常の早期発見・緊急対応、故障箇所の修理、それらの記録と報告である。それらは図1に示す通り、設備の異常などの故障情報は、ビルに設置されたBEMSによって、警報として通知される。

また、テナントなどの利用者が設備の異常を感じた場合には、直接電話で問い合わせやクレームの受付を行う。これらの異常や問い合わせを検知した場合に、設備管理者は、設備まで移動し、原因の究明、処置を行っている。さらに、定期的に設備点検を実施し、点検項目に従い、設備に異常が発生していないかの確認を行っている。この設備管理者の業務はすべて記録され、請負契約先である所有者に対して、日報という形で報告がされる。

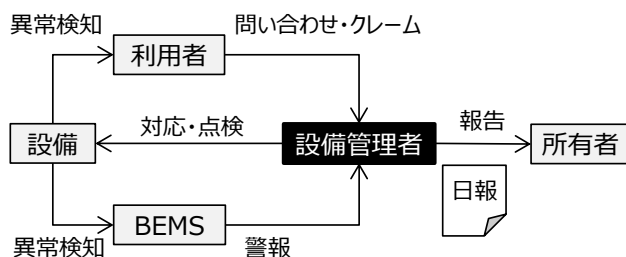


図1. ビル設備管理業務の概念

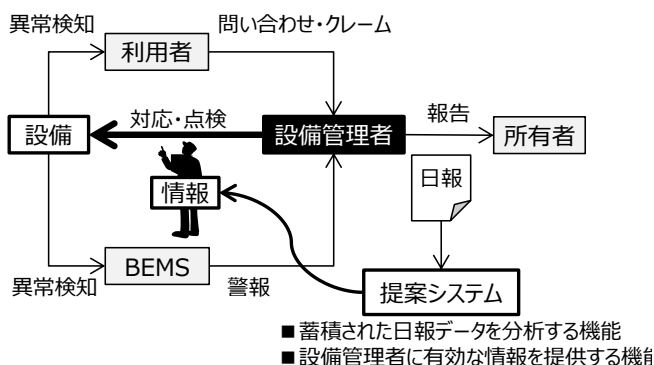


図2. 提案方式の概念

このように、多くの種類と、多台数設置される設備が対象となり、設備の知識も広範囲であり、多くの業務が求められている。

2.2 ビル設備管理業務の課題

設備管理の請負契約では、設備の点検作業項目、および緊急対応の基準などを仕様書として取り決め、その稼働量を算出し契約しているケースが一般的であるが、所有者が求める性能と必ずしも一致しているとは言えない。それは所有者が求める性能が明確に示されていないことが主な原因であると考えられる^{[4][5]}。このような設備管理の発注仕様については、SLA/KPI (Service Level Agreement/Key Performance Indicator) の指標を導入するなどの発注者の求める性能についての明確化を行う必要があるとされているが、公共施設等の建設、維持管理、運営等で用いられるPFI (Private Finance Initiative) 手法で実施されているなど一部に限られている。また、性能では、エネルギー使用量などの光熱水費、およびテナントなどの利用者の満足度が大きなウェイトを占めていると考えられる。しかし、光熱水費と異なり利用者の満足度についての数値化は難しい。一部の空調設備については、人体の熱負荷と人間の温冷感を結びつけた温熱環境 評価指数 PMV (Predicted Mean Vote, 予測温冷感申告) および PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied, 予測不快者率 (その温熱環境に不満足・不快さを感じる人の割合)) の提案をしているが、ビル全体の設備についての研究の実績は見当たらない。

このような状況のもと、ビルの設備管理では、利用者からの問い合わせ、およびクレームを受けて、その対応にあたり、その対応した内容を記録することで、所有者への報告を行い、日常的にデータの蓄積をしている。しかし、その記録した詳細な対応内容は、テナントなどの利用者からの問い合わせや、クレームを減少させる分析や対策などに活用されるケースは少ない。その原因は記録された内容が、必ずしも設備が故障しているものではなく、空調の温度設定を変更して欲しいなどの問い合わせによるものも含まれるためである。そのため、設備管理業務での記録は、故障情報の集計などでよく用いられる、あらかじめ対応コードを用意する方式では選択肢がないなどの状況が発生するため、自然文を用いて記載されている。このような状況では、これらの状況が把握できないことから、従来は設備に主体をおき、故障の分析を目的としたコード化を図り、その集計されたデータを活用して、多くの研究がなされてきた^[6]。

例えばエレベーターやエスカレーターなどの設備は、多くの部品で構成されており、故障の状態はどの部品の劣化や摩耗によって至ったのかを詳細に記録することにより、適正な交換時期やメンテナンス時期を分析し、保守作業の最適化を図るなどがある。しかし、自然文で記録されているビルの設備管理業務での研究事例は報告されていないのが現状である。

3. 提案手法

本章では、上記で述べた従来からのビル設備管理業務の課題であるテナントなどの利用者からの問い合わせやクレーム情報を蓄積しているが活用されない課題を解決するために、これらのヒトの情報を、ビル設備管理業務の効率化に活用する方式について提案する。

3.1 提案方式の概要

ヒトの情報をビル設備管理業務の効率化に活用する提案方式の概念を図2に示す。この提案方式は、ビル設備管理業務において発生する故障、問い合わせ、クレームを受けて、設備管理者が現地を確認し、原因を究明した上で処置をし、報告を行った内容である日報データについて、テキストマイニング手法^{[7][8]}を用いて分析を行う。この分析結果から、問い合わせやクレーム、設備故障などが発生した場合に、対応する設備管理者に対して、これまでの対応履歴、対応するための手順、対応時に持参する工具など、解決するために必要となる情報を提供することで、個人に蓄積されたノウハウだけに頼らない業務の効率化を図る。なお、本提案方式は、蓄積された日報データを分析する機能、および設備管理者に有効な情報を提供する機能を実装する。

3.2 蓄積された日報データを分析する機能

本機能は、図3に示す通り、ビル設備管理業務において対応を記録して報告に用いている日報を取り込み、テキストマイニングによる自然言語処理を行い、ルールベース、教師データにより機械学習^{[9][10]}を行う機能である。この分析結果を経て、検索や可視化に使用するデータを作成する。

このテキストマイニングは、図4に示す通り、日報で記録された原文である自然文を、形態素解析手法を用いて、意味のある最小単語に分割を行う。この分割された単語には、ビル特融の固有名詞であるテナント名称、設備で用いられる名称などが多数存在している。そのため、あらかじめテナント名称や設備管理で使用する専門的な用語を、辞書に登録することにより機能に認識をさせる。また、同義語や類似語が多数存在する場合が多く、自然言語処理の妨げとなるために、クレンジングを実施し、分析に必要な単語のみを抽出する。

このテキストマイニングで作成した単語を、図5に示す通り、機械学習において自動分類を行う。分類は6項目（問い合わせ対象設備、設備区分、原因、問い合わせ区分、症状、処置）として市販の機械学習ソフトウェアを用いて分類を行う。分類には、明確である単語の分類は、あらかじめルールベースに登録を行い、分類精度を高めるために、教師データに分類を行う情報の登録を行う。この機械学習から出力されたデータは、データベースに格納し、設備管理者による検索、および分析を行う上で必要となるマップやグラフなどの可視化にて使用する。

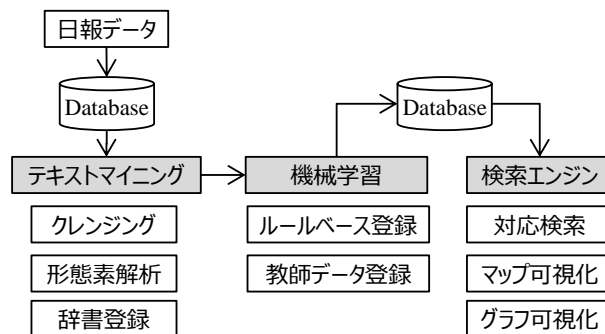


図3. 蓄積され日報データを分析する機能

■原文

3F 南側の事務室入口扉のドアレバーがガタガタしているとの連絡を頂く。入口扉のドアレバーがガタついていないことを確認。ドアレバーのネジを増し締めし、正常に動作することを確認。

■意味がある最小単語で分割

3F/南側/の/事務室/入口/扉/の/ドアレバー-/が/ガタガタ/している/と/の/連絡/を/頂く/。入口/扉/の/ドアレバー-/が/ガタ/ついてい/る/こ/と/を/確認/。/ドアレバー-/の/ネジ/を/増し/締め/し/。 /正常/に/動作/する/こ/と/を/確認/。

■専門的な用語を認識させる

3F/南側/の/事務室/入口/扉/の/ドアレバー-/が/ガタガタ/している/と/の/連絡/を/頂く/。入口/扉/の/ドアレバー-/が/ガタ/ついてい/る/こ/と/を/確認/。/ドアレバー-/の/ネジ/を/増し/締め/し/。 /正常/に/動作/する/こ/と/を/確認/。

■分析に必要な単語のみを抽出する

3F/南側/事務室/入口/扉/レバー-ハンドル/ガタガタ/入口/扉/レバー-ハンドル/ガタ/ついてい/る/レバー-ハンドル/ネジ/増し締め/正常/動作/

図4. テキストマイニング処理

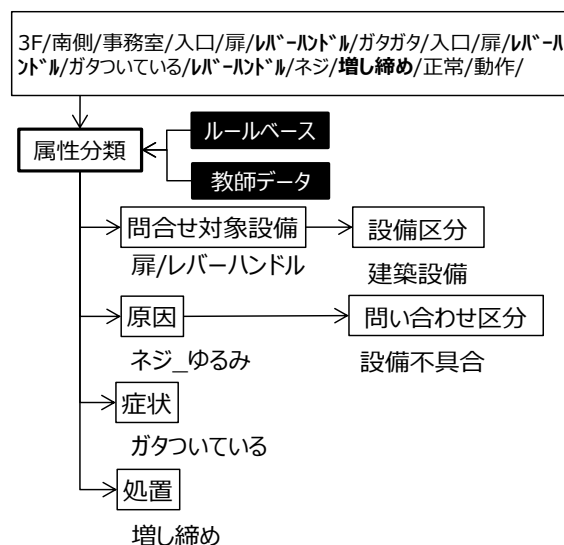


図5. 機械学習処理

なお、テキストマイニングとは、テキストデータを自然言語解析の手法を使い、文章を単語（名詞、動詞、形容詞等）に分割し、それらの出現頻度や相関関係を分析することで有益な情報を抽出する手法である。本提案方式では、設備の分析に必要な単語を抽出する方法に活用している。また、クレンジングは、同義語や類似語が複数個所で含まれている場合に、多くカウントするなどの不具合が発生するため、そのようなデータを取り除く役割である。本提案では、ビルでは場所を表す場合に、20階、20Fなどの複数の表示をする場合があり、異なるフロアと認識してしまうため、クレンジングを用いて、このようなデータは同一のフロアを指していると定義している。

3.3 設備管理者に有効な情報を提供する機能

上記のように、蓄積された日報データを分析する機能によって、分析されたデータをもとに、故障、問い合わせ、クレームの連絡を設備管理者が受信した場合に、キーワードを入力し、検索を行うことにより、その対応に必要な情報を設備管理者に提供する。検索画面と結果表示画面を図6に示す。検索は、問合せ内容、原因、処置を組み合わせることで行うことにより、蓄積された対応が表示される。これまでの従来方式では、日報に記録されている文字列の検索を行っていたが、この従来方式では、対応に必要な履歴などを検索することが難しい場面が多く見受けられた。本提案では、3.2 蓄積された日報データを分析する機能で示したテキストマイニング処理、および機械学習により、分析に必要な単語の抽出、クレンジング、機械学習による属性分類により、従来の検索にある必要な情報が、的確に把握することができない検索の結果ではなく、設備管理者が、対応を行う上で必要とする情報を提供できるものとする。そのため、経験が浅くノウハウが不足している設備管理者においても、経験豊富な設備管理者と同様の情報を持ち対応が行えるようになることが期待される。

また、このデータをさらに活用して、視覚的に情報を得られる方法について図7に示す。左側には、ビルの立面図を表示し、どのフロアで検索する問い合わせが発生しているのかを可視化するものである。また、該当するフロアを選択することにより、フロアの平面図を表示し、そのフロア内で該当する問い合わせが、どの区画から多く発生しているのかなどの情報を、棒グラフを用いて可視化するものである。これにより、設備管理者は、テナントからの問い合わせに対して、図6の検索画面にて検索を実施し、過去にどのような問い合わせがあり、その対応した結果、対応に必要な持参する工具、過去の特定した原因などの情報を得るとともに、図7の画面において、その傾向を知ることが可能となる。また、定期点検では、あらかじめテナントの傾向を把握することが可能となり、注意するポイントを把握した上での作業が可能である。このように、テナントがどのような問い合わせや、クレームを発信している

■ 検索画面

ビル管理 対応履歴データ 検索

☒ 意味検索

■ 検索結果表示

2018/12/14 電気設備 水漏れ 水漏れがしている箇所全体をビニルシートで覆い、電気ラック・配線を保護した
2018/12/24 建築設備 漏水 漏水箇所直下の床面にバケツ+ウエス敷き詰めにて雨水を受けています。
2019/1/11 衛生設備 詰まり 汚物流し詰りの連絡があり、現場確認した所、流れが悪い状態で、ラバーカップで一応対応しました

図6. 蓄積され日報データを分析する機能

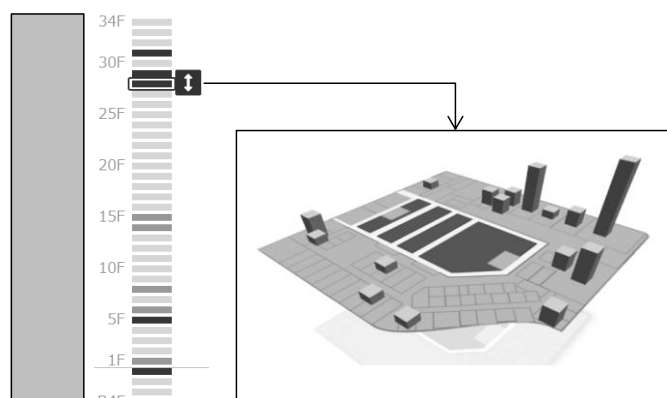


図7. テナント分析の可視化画面

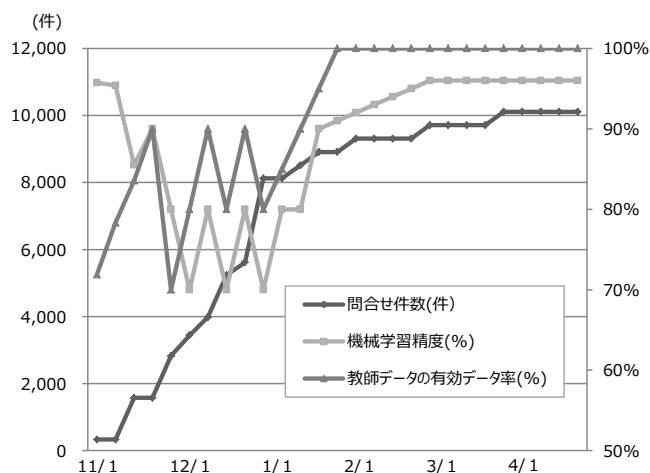


図8. 機械学習の精度確認

のかなど、テナント個々の特性を分析するための可視化においても、本機能は活用できるものとする。なお、図 7 の平面図は、BEMS 納入時の CAD データを流用して作成することが可能である。

4. シミュレーション

本研究では、2つの大規模オフィスビルにおける過去 10 年間の蓄積されたデータを用いて、3.2 蓄積された日報データを分析する機能、および 3.3 設備管理者に有効な情報を提供する機能についてシミュレーションをもとに、評価を行った。

4.1 蓄積された日報データを分析する機能

対象となるビルにおける過去 10 年間の蓄積された対応データは約 2 万件となる。そのうちの直近のデータを分割して入力を行い、その入力に合わせて、教師データを修正し、機械学習の精度が 90%を超えて安定するデータ数についてシミュレーションを実施した。シミュレーション結果を図 8 に示す。テナントからの問い合わせ内容を、11/1 に 333 件入力を行い、機械学習の精度は、95.7%となり、教師データの有効データ率は、71.9%であった。1/12 に問い合わせ内容を 8,909 件とした場合には、機械学習の精度は、90.0%となり、教師データの有効データ率は 95.0%に至った。その後 3/7 時点では、問い合わせ内容が 9,709 件、機械学習の精度が 96.0%、教師データの有効データ率 100%となり、以降は、機械学習の精度は、ほぼ横ばいとなった。

また、対象となるビルにおける過去データを 4.1 蓄積された日報データを分析する機能にて、分析した結果を用いて、設備管理者が有効な情報として活用できる形態についてシミュレーションを実施した。トラブル対応履歴である日報データから、問い合わせや警報が発生した日時、場所、問い合わせや警報の内容、原因、処置、該当設備を抽出し、設備別などでランキング表示し、発生件数の多い設備を抽出し、発生に至るまでの詳細について可視化・調査を実施する。これにより、問合せが発生する前に、適正なタイミングでトラブル発生を予知し、計画的に点検作業で対処すれば、トラブル件数を減少させることができる。

シミュレーション結果としては、同じビル内のフロアの異なるテナントにおいて、同じ期間であるにも関わらず、テナントごとに、問い合わせ内容に違いがある。図 9 に示すテナント A は、この 6 ヶ月間で、702 件の問い合わせを行っており、そのうち温度変更依頼は 452 件であり、温度変更依頼が多いことがわかる。一方で、テナント B は、同一期間で、179 件の問い合わせを行っており、そのうち温度変更依頼は 32 件である。テナント B の一番の問い合わせ内容は、扉の異音に関する問い合わせであり、52 件となっている。テナント A の扉の異音に関する問い合わせは、51 件で 3 番目の問い合わせであった。これらの分析結果から、設備管理者が定期点検、問い合わせの対応を行う時に、

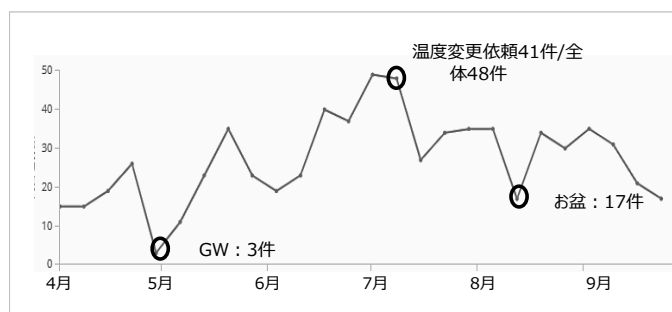


図 9. テナント A 問い合わせ件数

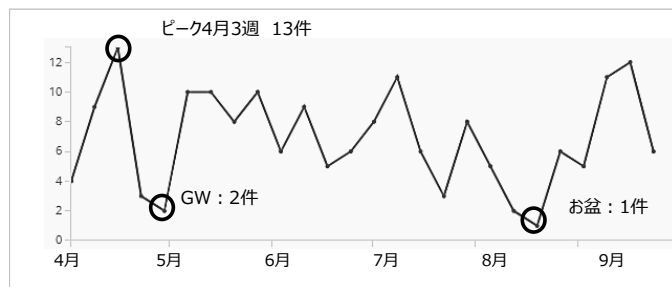


図 10. テナント B 問い合わせ件数

テナントの特性を考慮した対応により、業務の効率化が図れるものとする。

5. 考察

本章では、対象とした 2つの大規模オフィスビルにおける設備管理業務において記録した日報をベースに、4 章でのシミュレーションを行った。そのシミュレーション結果について以下に考察を行う。

5.1 蓄積された日報データを分析する機能

テキストマイニングにより、自然文を単語単位で分割を行い、その単語から設備管理業務で使用する単語を抽出するために辞書登録を行ったが、1,000 件の日報データに対して、約 500 ワードの登録となった。これまで、設備管理業務の分野での研究実績、および市販のソフトウェアにおいて存在しないことからワードの整理から実施することになった。この辞書登録には多くの時間を費やすことになったが、対象としたビル以外に適用した場合に、どの程度使用することが可能であるかなどを検討する必要がある。

また、機械学習においては、日報データを段階的に増やしながら、機械学習の精度を確認し、その都度、教師データを調整することにより多くの時間を費やした。対象となる大規模オフィスビルの日報データは、約 10 万件のレコード数であることから、当初はそのデータの 1%程度のレコード数で、教師データを調整することにより、精度はほぼ横ばいに推移するものと予測していた。しかし、約 10%程度まで必要であることが結果として得ることができた。この教師データの調整についても、テキストマイニングにおける辞書登録と同様に他のビルで使用する場合の汎用性について

て、検討を行う必要がある。また、テキストマイニングの辞書登録と密接な関係があることが予測される。今後も継続して約 10 万件のデータについて実施し、機械学習の精度についても検証を行う必要がある。

5.2 設備管理者に有効な情報を提供する機能

設備管理者に有効な情報を提供するために、4.1 において、蓄積された日報データの分析をシミュレーションした結果を用いて、シミュレーション分析を実施した。この分析を実施する中で、同一ビルの異なるフロアのテナントにおいても、問い合わせ内容に異なる結果があることが判明した。これまでは、設備管理者が感じていることではあったが、データとして提示できるものは存在しなかった。この結果を用いて、テナントごとの特性を理解した上で、問い合わせに対応することは、有意義な結果である。しかし、これらの分析を多く行い、日常の業務に落とし込み、設備管理者の対応がどの程度減少することが可能であるかを検討する必要がある。そのためには、分析を進めて、新たにセンサーなどを設置せずに、BEMS 機能を活用し、問合せや警報が発生する前に、プレアラームを発生させることで、適正なタイミングでトラブルに対処することが可能とする仕組みの検討が必要である。また、BEMS のプレアラーム機能を活用し、問い合わせ・クレームが発生する前にプレアラームで点検を計画し実施するなどを検討する必要がある。

6. まとめ

本稿では、これまで設備管理者が蓄積してきた日報データをテキストマイニング、機械学習による分析データの作成、およびその結果を用いて、設備管理者の業務を軽減することを目的とした。今後は、設備管理者のワークフローを考慮し、ビル設備管理業務の使用ツールである BEMS と連携した機能の構築し、ヒトの情報を BEMS のセンサーとして疑似的に扱い、BEMS 機能のプレアラームを活用して、問い合わせが発生する前に、定期点検などによって計画的に対処する機能などを検討する必要があると考えている。

参考文献

- [1] 全国ビルメンテナンス協会：第 48 回実態調査報告【公開版】、ビルメンテナンス情報年鑑 P.19 - P.22, 2018
- [2] 松本卓三：「人手不足によるビルメンテナンス業の経営リスク：人口減少化は大きな経営リスク」,設備と管理, p.42-51 (2015.8).
- [3] 渡邊剛：「IoT 時代におけるビルマネジメントシステム」, 電気設備学会誌, 特殊 IoT 時代に対応するスマートな BACS/BEMS 8, (2017).
- [4] 高草木明, 西千春, 本田精一, 小泉幸秀：建築設備の保全と管理の契約のための業務品質水準設定方法, 日本建築学会技術報告集第 13 巻第 25 号, 197-202, 2007.6.
- [5] 小松正佳, 高草木明：中小規模事務所ビルにおける不具合発生と建物管理者による対応の実態に関する調査研究, 日本建

築学会計画系論文集第 574 号, 161-168, 2003.12.

- [6] 長坂 真理, 佐藤 誠：多様な設備データによる保守最適化を目指したオントロジーと機械学習を用いた分析システム, 電気学会電子・情報・システム部門大会, 平成 29 年.
- [7] 櫻井茂明, 酢山明弘, 市村由美：テキストマイニングシステムにおけるキー概念知識辞書の効果, 日本人工知能学会第 16 回大会, 2002..
- [8] 市村由美, 中山康子, 赤羽俊男, 三好みよ子, 関口寿一, 藤原庸祐：「営業日報を対象としたテキストマイニング-成功事例及び機会損失情報の抽出-」, 第 14 回人工知能学会全国大会, 532-534 (2000).
- [9] 市村由美, 酢山明弘, 櫻井茂明, 折原良平：「知識辞書構築支援ツールの開発」, 情処研報 2001-NL-143, 25-31(2001).
- [10] 高橋寛治, 奥田裕樹：要望分析のための投稿テキストのカテゴリ分析支援, 電子通信学会, 信学技法, IEICE Technical Report, NLC2018-48 (2019 - 02)