

令和 2 年度 博士学位論文

ビル管理のスマート化を実現する  
BEMS 連携型サービスに関する研究

指導教員 北上 眞二 教授

福井工業大学院 工学研究科 博士後期 社会システム学専攻

博士課程後期 2 年

91964001 木村 文昭

2021 年 1 月

# 目次

第1章 序章.....	8
1.1. 研究の背景.....	8
1.1.1. ビル管理業界の市場動向.....	8
1.1.2. オフィスビルの市場動向.....	9
1.1.3. ビル管理業務の課題.....	11
1.1.4. 省エネルギー活動の課題.....	15
1.2. 研究の目的と課題 .....	16
1.2.1 研究の目的.....	16
1.2.2 本研究の課題.....	16
1.3. 本論文の構成 .....	20
第2章 ヒトとセンサー情報の紐づけによる.....	22
ビル設備管理業務の効率化方式	
2.1. はじめに .....	22
2.2. ビル設備管理業務の課題 .....	23
2.2.1. ビル設備管理業務の概要.....	23
2.2.2. ビル設備管理業務の課題.....	24
2.3. 提案手法 .....	25
2.3.1. 提案方式の概要.....	25
2.3.2. 日報データ分析機能.....	27

2.3.3.	データ利活用機能.....	30
2.4.	シミュレーションと評価 .....	33
2.4.1.	日報データ分析機能.....	33
2.4.2.	データ利活用機能.....	35
2.5.	考察 .....	37
2.5.1.	日報データ分析機能.....	37
2.5.2.	データ利活用機能.....	38
2.6.	まとめ .....	39
 <b>第3章 “省エネバリア” を超える.....</b>		<b>40</b>
<b>BEMS 連携型省エネサービス</b>		
3.1.	はじめに .....	40
3.2.	従来方式の BEMS の取組みと課題 .....	41
3.2.1.	課題 1：エネルギー使用量の無駄を発見できない .....	42
3.2.2.	課題 2：投資対効果がある省エネ対策を立案できない .....	43
3.3.	BEMS 連携型省エネサービスの提案 .....	43
3.3.1.	提案式のサービス概要.....	44
3.3.2.	特異点自動抽出機能.....	45
3.3.3.	投資対効果提示サポート機能.....	48
3.4.	評価 .....	50
3.4.1.	ビル A の評価.....	50

3.4.2. ビルBの評価.....	54
3.4.3. ビルCの評価.....	56
3.5. 考察 .....	58
3.5.1. 特異点自動抽出機能の有効性に対する考察.....	58
3.5.2. 投資対効果提示サポート機能の有効性に対する考察.....	60
3.5.3. 今後の課題.....	63
3.6. まとめ .....	63
<b>第4章 結論.....</b>	<b>65</b>
4.1. 研究の目的と位置づけ .....	65
4.2. 研究の成果 .....	68
4.3 今後の課題 .....	71
<b>謝辞 .....</b>	<b>73</b>
<b>発表論文.....</b>	<b>74</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>76</b>

## 図目次

図 1.1	ビル管理市場規模と予測	8
図 1.2	東京 23 区オフィスピラミッド 2020	9
図 1.3	大阪市オフィスピラミッド 2020	10
図 1.4	労働人口と労働力率の見通し	12
図 1.5	ビル管理業務での課題推移	12
図 1.6	アバターロボット事業	13
図 1.7	ロボット導入に対するアンケート調査結果	14
図 1.8	本論文の構成	21
図 2.1	ビル設備管理業務の概要	24
図 2.2	サービスの概要	26
図 2.3	日報データ分析機能ブロック図	27
図 2.4	テキストマイニングブロック図	28
図 2.5	機械学習ブロック図	29
図 2.6	対応結果検索画面	31
図 2.7	テナント分析の可視化画面	32
図 2.8	機械学習の精度シミュレーション結果	34
図 2.9	テナント A 問い合わせ件数	36
図 2.10	テナント B 問い合わせ件数	36
図 2.11	扉ヒンジの問い合わせ周期	37
図 3.1	サービス概念図	44
図 3.2	特異点自動抽出機能	45

図 3.3 冷温水バルブの異常検知フロー .....	47
図 3.4(A) ビル A エネルギー使用削減量・削減率 .....	52
図 3.4(B) 空調運転状態遷移 .....	53
図 3.4(C) 熱源ユニットの熱量・流量分布 .....	53
図 3.5 ビル B エネルギー使用削減量・削減率 .....	55
図 3.6 ビル C エネルギー使用削減量・削減率 .....	57

## 表目次

表 3.1	分析シナリオ一覧.....	46
表 3.2	投資対効果提示レポート内容 .....	48
表 3.3	対象ビル一覧 .....	51
表 3.4(a)	ビル A 対策提案と効果.....	51
表 3.4(b)	ビル A 対策例.....	52
表 3.5(a)	ビル B 対策提案と効果.....	54
表 3.5(b)	ビル B 対策例.....	56
表 3.6(a)	ビル C 対策提案と効果.....	56
表 3.6(b)	ビル C 対策例.....	58

# 第1章 序章

## 1.1. 研究の背景

### 1.1.1. ビル管理業界の市場動向

ビルなどの建物は、利用者に快適な空間を提供するために、適切な維持・管理を行っている。その維持・管理は、所有者が直接行わずに専門業者と請負契約を締結するケースが多い。ビル管理業界は、所有者からビルの清掃、警備、設備の管理を一括もしくは、それぞれで請負契約を締結してサービスを提供している。

このビル管理業界の国内市場規模および将来の予測は、図 1.1 に示すとおり、元請金額ベースにおいて 2018 年度に 3 兆 9,952 億円と前年度比 106.8%の微増が見込まれ、さらに 2019 年度には同 100.8%の 4 兆 272 億円に達すると予測されており、堅調な成長を維持する見通しである。



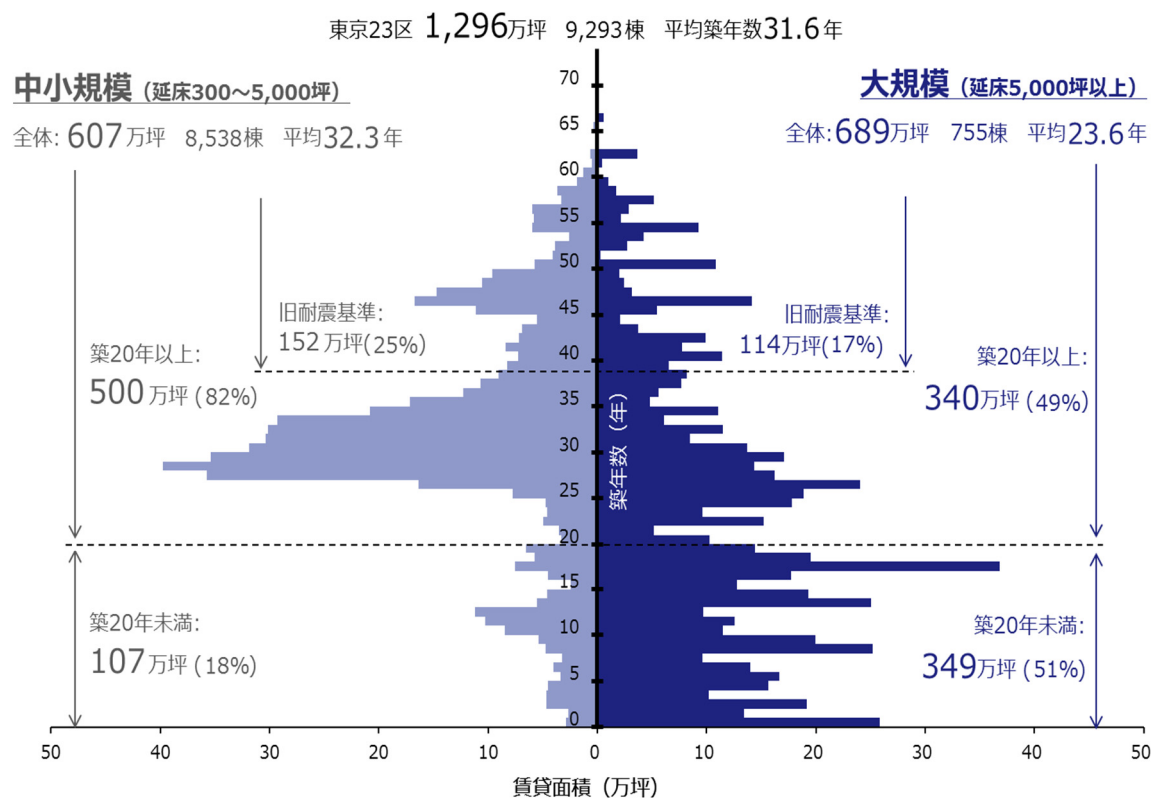
出典：矢野経済研究所 ビル管理市場に関する調査を実施（2019年）

図 1.1 ビル管理市場規模と予測[1]



## 1.1.2. オフィスビルの市場動向

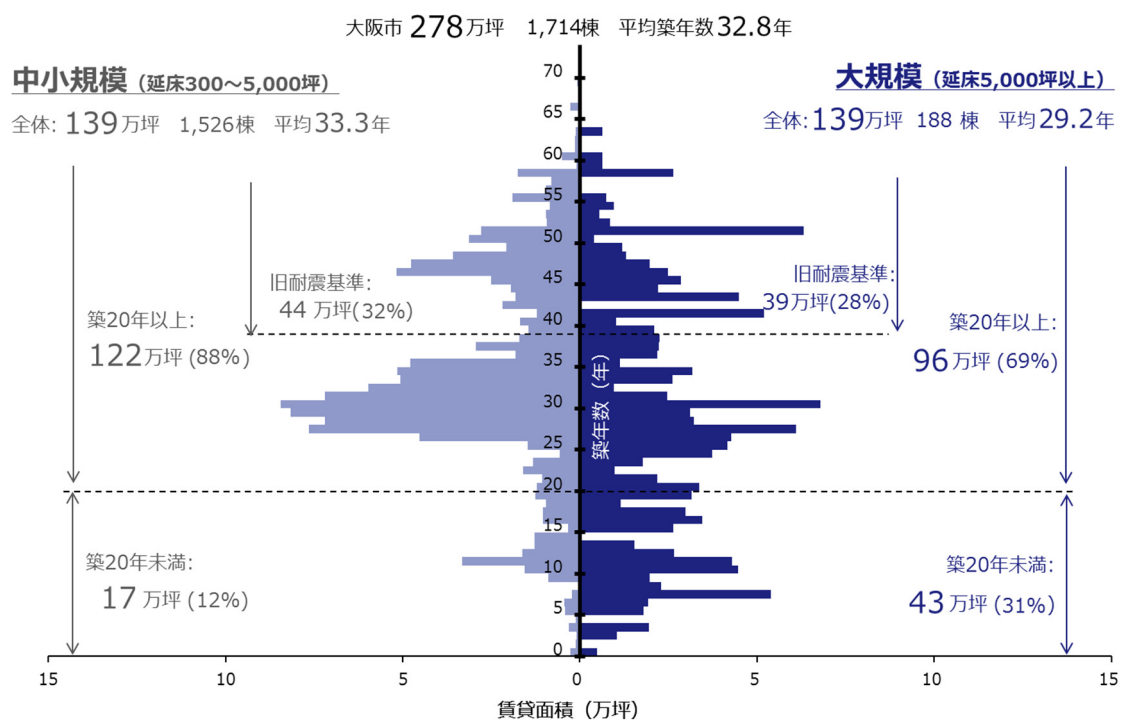
好調なビル管理業界であるが、その動向は、不動産業界と密接な関係があげられる。図 1.2 に示すとおり、2020 年末時点の東京 23 区オフィスストックは賃貸面積ベースで 1,296 万坪である。うち、延床面積 5,000 坪未満の中小規模ビルのストックは 607 万坪であり、全体の 47%にあたる。延床面積 5,000 坪以上の大規模ビルは 689 万坪と全体の 53%を占め、大規模ビルと中小規模ビルがほぼ同じ面積となっている。しかし、バブル経済崩壊以降となる築 20 年未満の中小規模ビルは、107 万坪と供給は減少し、大規模ビルの供給が 349 万坪と増加している。



出典：ザイマックス総研 オフィスピラミッド 2020

URL: [https://soken.xymax.co.jp/2020/01/10/2001-stock\\_pyramid\\_2020/](https://soken.xymax.co.jp/2020/01/10/2001-stock_pyramid_2020/)

図 1.2 東京 23 区オフィスピラミッド 2020



出典：ザイマックス総研 オフィスピラミッド 2020

URL: [https://soken.xymax.co.jp/2020/01/10/2001-stock\\_pyramid\\_2020/](https://soken.xymax.co.jp/2020/01/10/2001-stock_pyramid_2020/)

図 1.3 大阪市オフィスピラミッド 2020

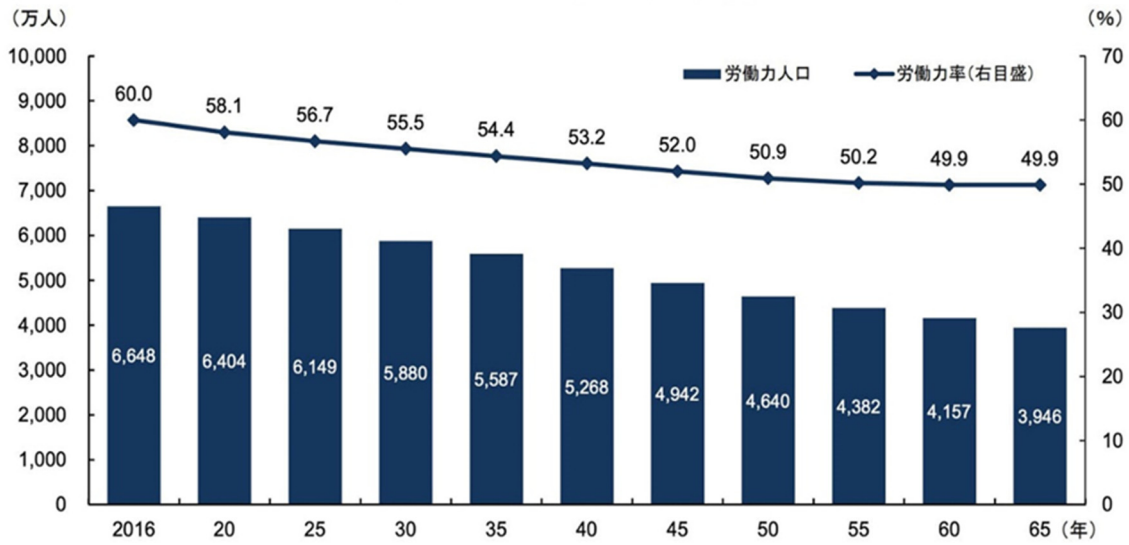
また、図 1.3 に示すとおり、2020 年末時点の大阪市オフィスストックは賃貸面積ベースで 278 万坪である。うち、延床面積 5,000 坪未満の中小規模ビルは 139 万坪、延床面積 5,000 坪以上の大規模ビルは 139 万坪と、賃貸面積では中小規模ビルと大規模ビルが同量となっている。大阪市においても、東京 23 区と同様に、バブル経済崩壊以降に中小規模ビルの供給が減少し、大規模ビルが増加している。つまり、個人投資家による中小規模ビルへの投資の冷え込み、規制緩和による再開発事業の増加、賃貸契約のニーズの変化などにより、近年、大規模ビルが増加していることが確認できる[2]。

近年、増加している大規模ビルは、規模が大きいだけでなく、商業施設や

飲食店などが併設される複合的な施設となっている特徴がある。また、外国籍の企業が入居している場合も少なくなく、本国の時間帯に合わせて業務を行っていることから、利用者がいなくなる閉館時間が少ないビルが多いことも特徴としてあげられる。加えて、東京都では、大規模ビルなどの一定規模以上の防火対象物には、自衛消防技術認定証を有する者を自衛消防活動の中核となる要員として、用途や規模ごとに定められた人数以上、配置しなければならないと火災予防条例第 55 条の 5 に規定している。そのため大規模ビルでは、さらに多くのビル管理要員が必要となっている。

### 1.1.3. ビル管理業務の課題

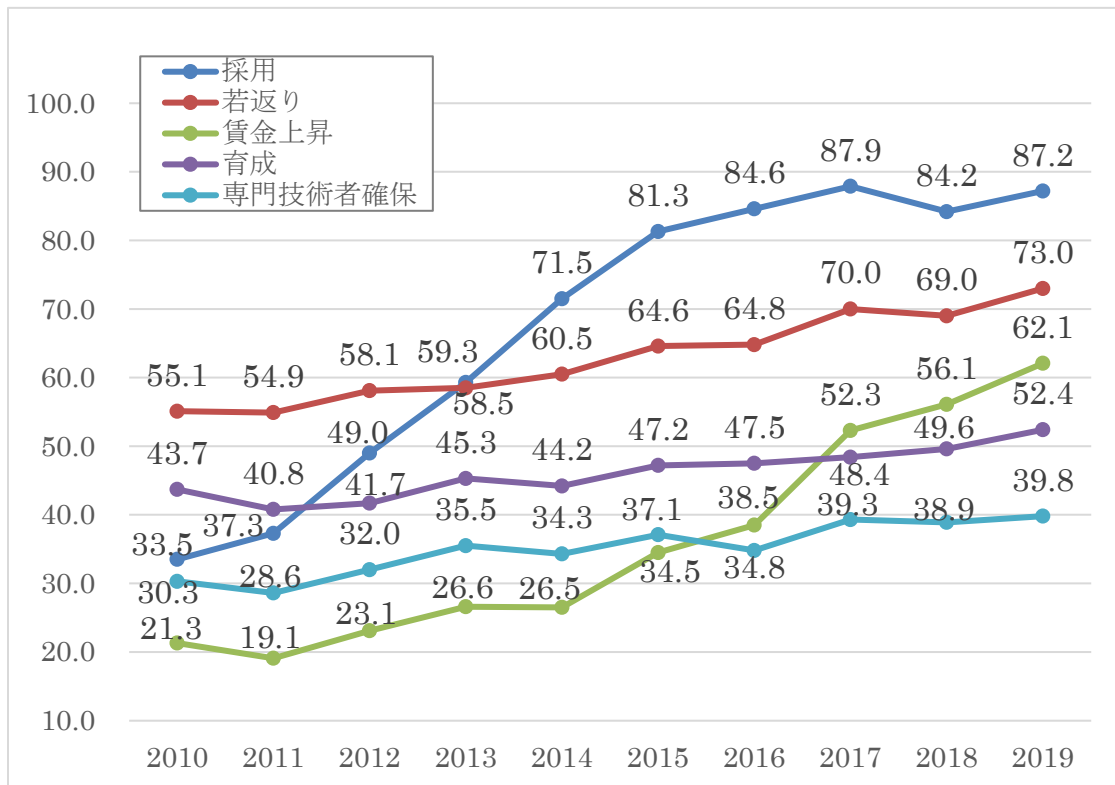
国内では少子高齢化に伴う労働人口減少問題が深刻化している。政府は 2018 年の国内出生数は 91 万 8400 人であったが、2019 年は 86 万 4 千人となり、少子化のスピードが加速している。一方、2019 年の死亡数は 137 万 6 千人となり、死亡数から出生数を引いた日本の総人口の減少数は 51 万 2 千人となっている。現在の日本の総人口に占める生産年齢人口（15 歳から 64 歳までの人口）は 60%であるため、一年間で 30 万人を超える労働人口が減少した試算となる。図 1.4 に示すとおり、日本の少子高齢化は今後も進んでいくと予測されているため、年を追うごとに労働力不足が深刻化することになる。このように労働人口が減少する中、バブル経済崩壊以降に大規模ビルの増加により、ビルの運営に必要となる人員の需要は増加し、高度なサービスが求められるようになり、ビル管理業界も人手不足が深刻化している。図 1.5 に示すとおり、ビル管理業務での課題として、従業員の採用は 2013 年度にトップになって以来、2019 年度まで継続しており、その割合は 90%に迫っている。また、採用が最大の課題となったことに比例して、若返り、賃金上昇、育成、および専門



出典：みずほ総合研究所

URL : <https://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/insight/pl170531.pdf>

図 1.4 労働人口と労働力率の見通し[3]



出典：公益社団法人 全国ビルメンテナンス協会

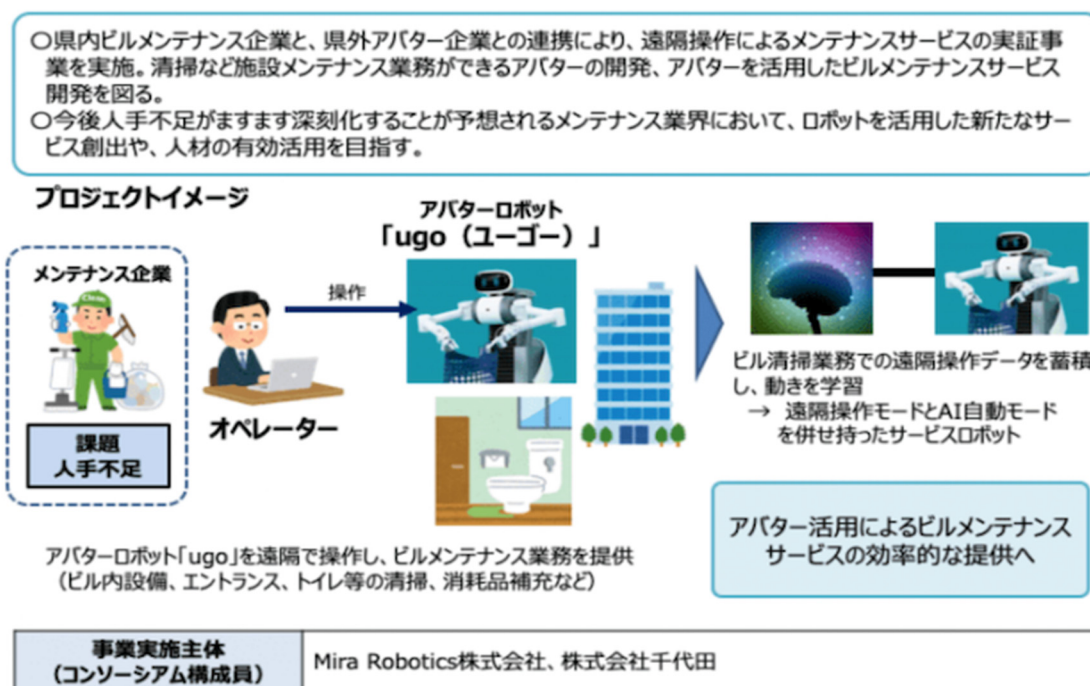
「ビルメンテナンス情報年鑑 2020 第 50 回実態調査報告書」P.41

URL : <https://www.j-bma.or.jp/data/15222>

図 1.5 ビル管理業務での課題推移

技術者確保も上昇している。これは、従業員の採用が難しくなり、従業員の高齢化も進み、良い人材の確保を行うために賃金も上昇し経営を圧迫する中で、新しい取組みを始めるための専門技術者の確保も難しくなっている実態をしめしているものと考ええる。

このような状況下において、ビル管理業界では、業務の最適化を図り、人手不足への対応を一部試行している。例えば、機械警備やエレベータをはじめとした設備の保守・点検業務などは、AIやIoTの進化によって急速に効率化・高度化が進められている。また、図1.6に示すとおり、大分県では企業と共同で、アバターロボットによるビル管理の実証事業を発表し、人手不足の深刻化が予想されるビル管理業界に新たなサービスや雇用を創出し人材の有効活用を目指している。

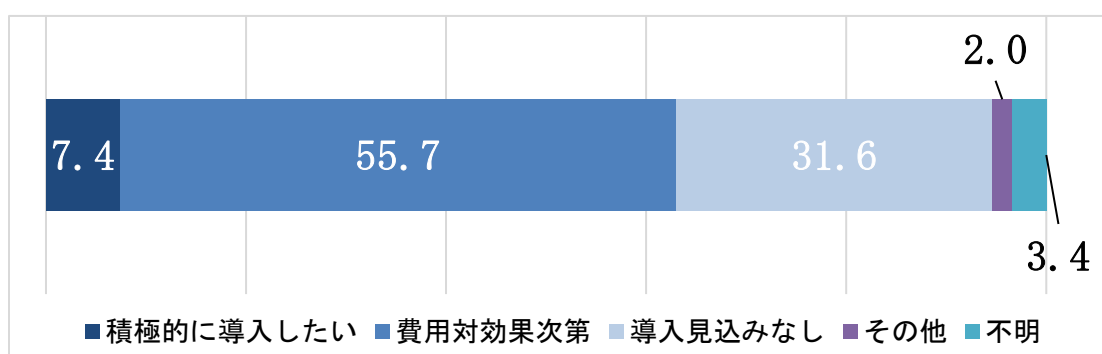


出典：大分県 アバター事業の詳細

URL：<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/00000008.000034305.html>

図 1.6 アバターロボット事業

しかし、これらの技術を活用する先であるビル管理業界は消極的であると言える。図 1.7 に示すとおり、ビル管理業界のロボット導入に関するアンケートに対して、積極的に導入したいと回答した経営者は、わずか 7.4%に留まり、費用対効果次第であるとの回答は 55.7%、導入の見込みなしとした回答は 31.6%に達する。



出典：公益社団法人 全国ビルメンテナンス協会  
「ビルメンテナンス情報年鑑 2020 第 50 回実態調査報告書」P.74  
URL：<https://www.j-bma.or.jp/data/15222>

図 1.7 ロボット導入に対するアンケート調査結果

#### 1.1.4. 省エネルギー活動の課題

ビル管理業界では、市場が堅実に拡大する中で、人手不足が深刻化し、労働力を確保するため賃金が高騰し、コストが経営を圧迫している状況である。

そこで、ビルメンテナンス協会では、設備管理において、企業の優位性を高めるための事業として、環境庁の「エコチューニング事業」への取組みを推進している。これは、業務部門の温室効果ガス排出量は、1990年度から大幅に増加しており、国内では、2030年度に2013年度比で総排出量を26%削減する目標を立てていることから、効果的な削減対策の実施が喫緊の課題である。そこで、既に多くのビルにて導入が進んでいるBEMS（Building Energy Management System）を活用し、既存設備・システムの適切な運用改善等によって、温室効果ガスや光熱水費の削減を実現し、ビル管理業務の付加価値向上を図り、請負契約額の増加を目指している。

しかし、BEMSを導入するだけでは、エネルギー使用量の削減に至らないケースも多く散見され、専門技術者の確保が必要となる。また、図1.5で示したとおり、省エネルギーの分析や対策を検討するための専門技術者の確保は、ビル管理業を行う上での課題として挙げられている。そのため、請負契約先から省エネ活動の依頼を受託できていない状況において、専門技術者を確保することは、費用対効果が確約されていないために提案活動も行えない状況となっている。

このようにバブル経済崩壊以降に増加する大規模ビルにおいて、ますます高度なサービスが求められているが、人手不足による厳しい経営状況が続く中で、競合他社と差別化する取組みとして注目されている省エネルギー活動についても踏み出せない状況となっている。

## 1.2. 研究の目的と課題

### 1.2.1 研究の目的

ビル管理業界は、1.1.2 で述べた大規模ビルの増加などに後押しされ、堅実な成長を継続している。しかし、国内の労働人口減少問題によって人手不足が顕在化し、それに伴い若返り、賃金上昇、育成、および専門技術者確保などの課題が深刻化している。このような原因から、ビル管理会社は経営が厳しく、ロボットによる人手不足解消策や、省エネ活動による競合他社との差別化などに積極的に取り組むことが困難な状況となっている。

そこで、本研究では、ビル管理業界の抱える課題を解消するために、既に多くのビルで導入が進み、ビル管理の業務を行う上で必要不可欠となっている BEMS に着目し、BEMS との連携により、ビル管理業界の効率化、すなわちスマート化を実現することで、課題を解消し、知的な社会活動の拠点であるビルにおいて、社会の変化に対応し、より快適なビルの空間環境を利用者に対し継続して提供することを目的とする。

### 1.2.2 本研究の課題

本研究では、ビル管理業界における人手不足解消のために、以下に示す 4 つの課題を設定した。

【課題 1】 作業報告書データの分析・活用に関する課題

【課題 2】 ノウハウ伝承に関する課題

【課題 3】 エネルギー使用量の無駄の発見できない課題

【課題 4】 投資対効果がある省エネ対策を立案できない課題



## **【課題1】 作業報告書データの分析・活用に関する課題**

ビルの設備管理は、BEMS で検出した警報、利用者からの問い合わせを受信して、その対応を行い、その作業の内容を記録している。記録した内容は、ビルの所有者に対して、日報、月報、年報という形で報告を行っている。しかし、これらの日常的に蓄積したデータは、所有者に対する報告以外で活用されるケースは少ない。本来であれば、記録した詳細な対応内容は、設備の異常発生や、テナントなどの利用者からの問い合わせを減少させるために、分析を行い、業務の効率化への活用が望まれている[4][5]。

日報などの報告書データの分析が進まない要因は、ビル設備管理業務の特性に関係する。すなわち、設備の種類が多いこと、ビルごとに設置されるメーカーや機種が異なることにより、設備管理者は、専門性よりも広範囲な知識が必要とされる。高い専門性が要求される設備は、故障の原因や処置などをコード化し分析する手法が報告されている[6]。しかし、様々な設備に対応する設備管理業務では、対応内容を自然文で蓄積しているため、データを分析などに活用することが難しいという課題がある。

## **【課題2】 ノウハウ伝承に関する課題**

大規模ビルの設備管理業務では、夜間や休日にも数名が交代で勤務にあたっている。そのため、問い合わせや警報の発生による対応で得た経験は、個人に蓄積される。すなわち、当日勤務している設備管理者が、経験したことのない問い合わせや、BEMS からの警報が発生した場合、関連する情報を何も持たずに対応しなければならない場合もあ

る。この迅速な対応を迫られる状況において、設備管理者は不足した情報の中で対応をしなくてはならず、何度も必要な工具を取りに行く、不必要な作業をするなど、効率的ではない作業を繰り返してしまう課題がある。

### **【課題3】エネルギー使用量の無駄の発見できない課題**

エネルギー管理者は、従来からの BEMS によって可視化されたデータから、エネルギー使用の無駄を発見し、省エネ対策の立案が求められる。しかし、ビル運用の変化によるエネルギー使用の変化は比較的小さい場合が多く、複数の設備情報を時系列で確認する必要がある。そこで BEMS のグラフ表示機能を活用するが、限られたグラフ表示では、エネルギー使用の無駄を発見することはできない。そのため BEMS の収集・蓄積されたデータから、表計算ソフトなどを使用して分析を行うが、データ量が膨大となり、データ整理や分析が難しい。このデータを設備故障の自動検知に活用する提案[7][8][9]、および BEMS に蓄積されたデータを分析する方式に係る提案として、省エネルギーの分析に必要となるセンサー情報を大量に収集し、コンテキストを加味したデータマイニングによる手法[10]、BEMS を活用した省エネチューニング手法[11]、BEMS を活用した運用・管理段階における省エネ活動手法[12]が存在する。しかしながら、これらの提案は、省エネルギーに関する専門的な知識を有していることを前提としており、専門的な知識を持ち合わせていないエネルギー管理者への適用は難しいという課題がある。また、BEMS 導入後の次年度以降に、エネルギー使用に対する無駄の発見とその対策の立案を目的に、

新たに専門家を導入することは、費用面で困難である。

このように、エネルギーの専門家ではないエネルギー管理者が、エネルギー使用の無駄を発見し、その対策を立案することは難しいという課題がある。

#### **【課題 4】 投資対効果がある省エネ対策を立案できない課題**

エネルギー管理者がエネルギー使用の無駄を発見できた場合、エネルギー管理者は、その無駄を取除く対策を立案し、エネルギーの分析結果・根拠、対策の有効性、投資対効果をまとめた資料を作成する必要がある。特に、対策に必要な費用と削減量の金額換算を算出し、優れた投資対効果を示すことができれば、省エネ対策の実現性は高まる。しかし、従来方式の BEMS には、このような投資対効果を算出する機能や、これらの作業をサポートしてくれる機能がない。設備業者に依頼する方法があるが、設備業者の対応できる範囲は、設備ごとにクローズしてしまうため、ビル全体での投資対効果の算出はできない。つまり、エネルギー管理者は、設備業者が算出した設備ごとの投資対効果をもとに、自ら確認や調整を行い、対策案をまとめる作業を実施することになり、多くの時間と労力を費やしてしまう。この状況において、他の業務と兼任しているエネルギー管理者は、決裁者にエネルギーの分析結果・根拠、対策の有効性、投資対効果を提示しわかりやすく説明することは難しい状況にある。

### 1.3. 本論文の構成

図 1.8 に、本論文の構成を示す。本論文は、全 4 章からなる。

第 1 章「序論」では、研究の背景として、ビル管理業界の市場動向とビル管理業界の課題を述べた後、本研究の目的と課題を示した。

第 2 章「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」では、1.2.2 で述べたビル管理業界の人手不足を解消するための課題である【課題 1】作業報告書データの分析・活用に関する課題、【課題 2】ノウハウ伝承に関する課題を解決する方式について提案する。また、提案方式のシミュレーションにより、提案方式が有効に機能することを示す。

第 3 章「“省エネバリア”を超える BEMS 連携型省エネサービス」では、1.2.2 で述べたビル管理業界の人手不足を解消するための課題である【課題 3】エネルギー使用量の無駄を発見できない課題、【課題 4】投資対効果がある省エネ対策を立案できない課題を解決する方式について提案する。また、提案方式に基づいて実装した BEMS 連携型省エネサービスの実証評価において、提案方式が有効であったとの結果について述べる。

最後に、第 4 章「結論」では、本研究の成果を要約し、本研究の結論と今後の課題について述べる。

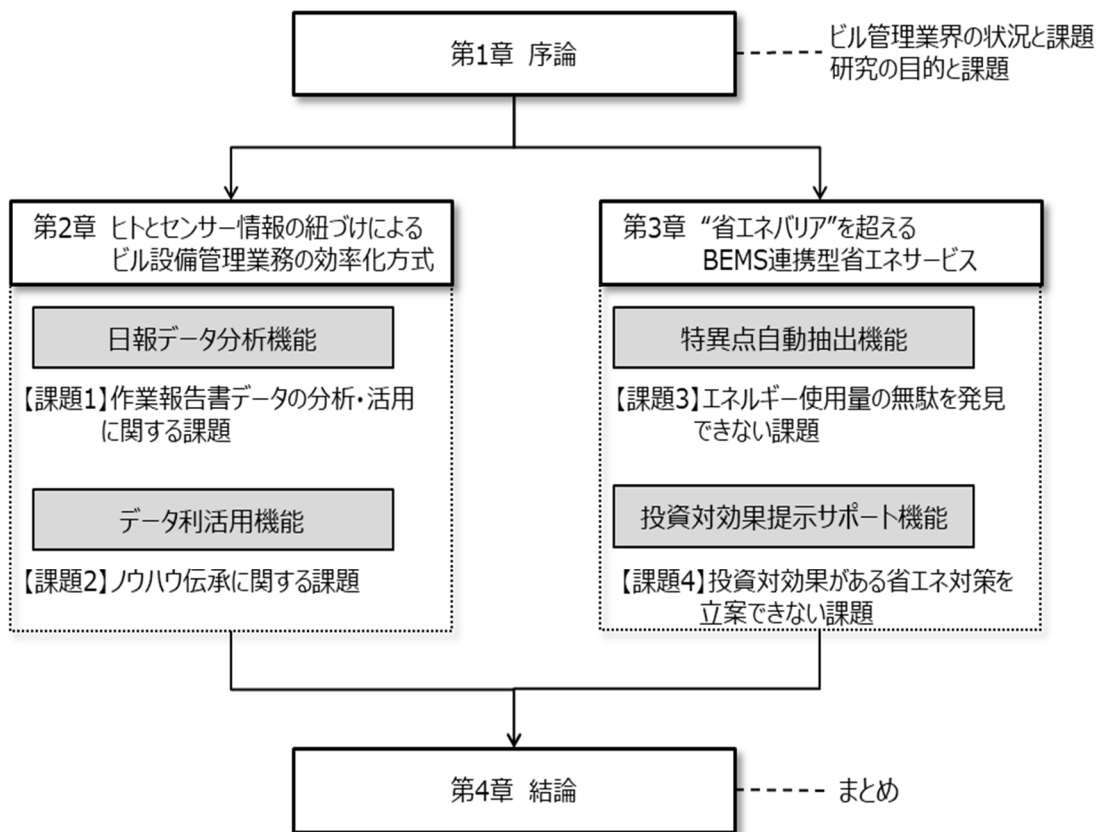


図 1.8 本論文の構成

## 第2章 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

### 2.1. はじめに

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。

近年の大規模オフィスビルは、商業施設が併設されるなど、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[13][14]。

このような大規模オフィスビルにおいて、ビル設備管理業務は、24時間365日、設備管理者が常駐し、設備の管理・運営業務を行っている。設備管理業務で実施した定期点検、問い合わせやクレーム対応、BEMS[15]からの警報対応などは、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、テナント契約者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活用されることは少ない。

今後も深刻な人手不足が予測されるビル設備管理業務において、大規模オフ

ィスビルの利用者などから発信される情報を，設備管理業務の効率化とノウハウ伝承に利活用することが求められると考える。

本稿では，上記で述べたこれまで活用が少なかった設備管理業務で蓄積している情報を分析することで，ノウハウ伝承が進まない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。

## 2.2. ビル設備管理業務の課題

### 2.2.1. 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，それらを記録し報告を行う。それらは図 2.1 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は，設備に異常を感じた場合，設備管理者に電話で問い合わせを行う。設備管理者は，これらの異常や問い合わせを受信した場合，原因を究明し，処置などの対応を行っている。さらに，あらかじめ設定した点検項目に従い定期的に点検を実施し，設備の異常を確認している。これらの設備管理者が行っている業務は，すべて日報に記録され，所有者に報告される。

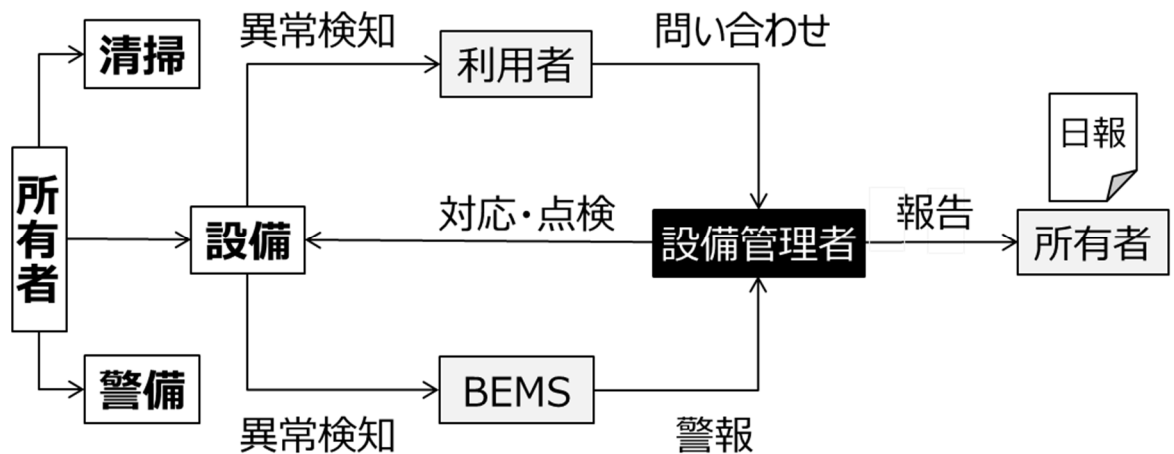


図 2.1 ビル設備管理業務の概要

このように設備管理業務は、多くの種類と、台数設置される設備を対象としており、必要とされる知識も広範囲となり、多くの業務が求められる。

## 2.2.2. ビル設備管理業務の課題

ビルの設備管理では、BEMS で検出した警報、および利用者からの問い合わせを受信して、その対応を行い、その作業の内容を記録している。記録した内容は、所有者に対して、日報、月報、年報という形で報告を行っている。しかし、これらの日常的に蓄積したデータは、所有者に対する報告以外で活用されるケースは少ない。本来であれば、記録した詳細な対応内容は、設備の異常発生や、テナントなどの利用者からの問い合わせを減少させるために、分析などを行い、業務の効率化への活用が望まれている[4][5]。以下に、従来からのビル設備管理業務の課題を示す。

日報データの分析が進まない要因は、ビル設備管理業務の特性に関係する。すなわち、設備の種類が多いこと、ビルごとに設置されるメーカーや機種が異なることにより、設備管理業務は、専門性よりも広範囲な知識が必要とされる。高い



専門性が要求される設備は、故障の原因や処置などをコード化し分析する手法が報告されている [6]。しかし、様々な設備に対応している設備管理業務では、対応内容を自然文で蓄積しているため、データを分析などに活用することが難しいという課題がある。

また、大規模ビルの設備管理業務では、夜間や休日も数名が交代で勤務にあっている。そのため、問い合わせや警報の発生による対応で得た経験は、個人に蓄積される。すなわち、当日勤務している設備管理者が、経験したことのない問い合わせや、BEMS からの警報が発生した場合、関連する情報を何も持たずに対応しなければならない場合も発生してしまう。この迅速な対応を迫られる状況において、設備管理者は不足した情報の中で対応をしなくてはならず、何度も必要な工具を取りに行く、不必要な作業をするなど、効率的ではない作業を繰り返してしまう課題がある。

## 2.3. 提案手法

上記で述べた従来からのビル設備管理業務の課題を解決するため、ビル設備管理業務において作成される日報データを利活用することにより、ノウハウ伝承と効率化を可能とする方式を提案する。本提案方式は、日報データ分析機能と、分析したデータを利活用する機能で構成される。

### 2.3.1. 提案方式の概要

ビル設備管理業務のノウハウ伝承と効率化を可能とする提案方式の概念を図 2.2 に示す。この提案方式は、日報データ分析機能とデータ利活用機能により構成される。

日報データ分析機能は、設備管理者が、BEMS からの警報、ビルの利用者からの問い合わせを受信した時、および対応を行った結果を、従来と同様の自然文にて提案方式に入力を行う。入力したデータは、自然文で作成されているため、分析が可能な形態に処理を行う。その処理方法は、単語単位に分割を行うテキストマイニング[16][17]、同義語や類似語の重複を防止するクレンジング、分析を行える形態に分類する機械学習[18][19]処理を行う。

また、データ利活用機能は、分析が行える形態にてデータベースに蓄積されたデータを活用し、BEMS からの警報、利用者からの問い合わせなどの対応時に、

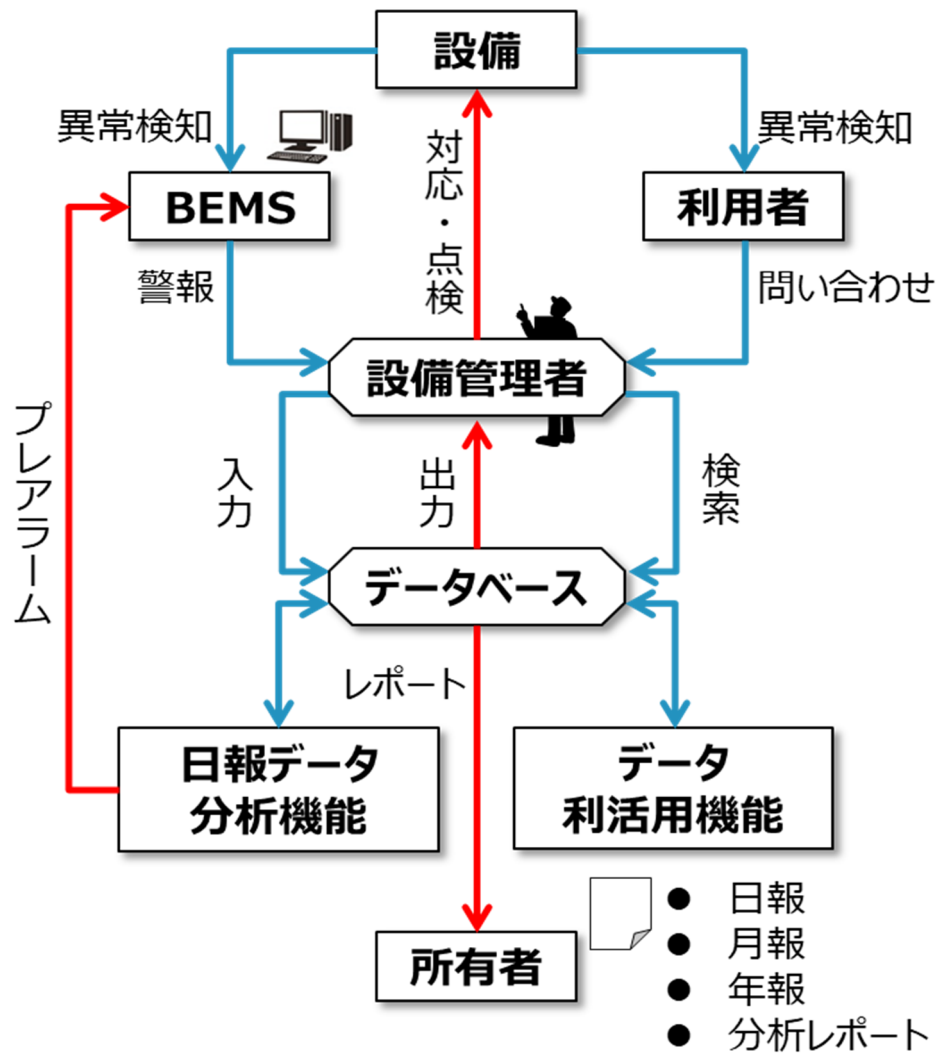


図 2.2 サービスの概要

設備管理者を支えるノウハウ伝承の情報を出力する。また、定期点検時には、あらかじめ設定した点検項目に、ノウハウ伝承の情報として出力する。さらに、所有者に報告する日報として出力を行う。また、分析したデータから、定周期に発生する問い合わせや警報を抽出し、この情報を BEMS に入力を行い、あらかじめ設定した条件を満たすと、BEMS からプレアラームを出力することで、警報や問い合わせが発生する前に計画的な対応を可能とする。このように、本提案方式は、蓄積した情報の利活用を行い、設備管理者の業務をサポートする。

### 2.3.2. 日報データ分析機能

本機能は、図 2.3 に示すとおり、BEMS からの警報、利用者からの問い合わせを受信した時、および対応が完了した時に、設備管理者が自然文で記録するデータを、分析し、後に利活用する形態に処理を行う機能である。この方式は、

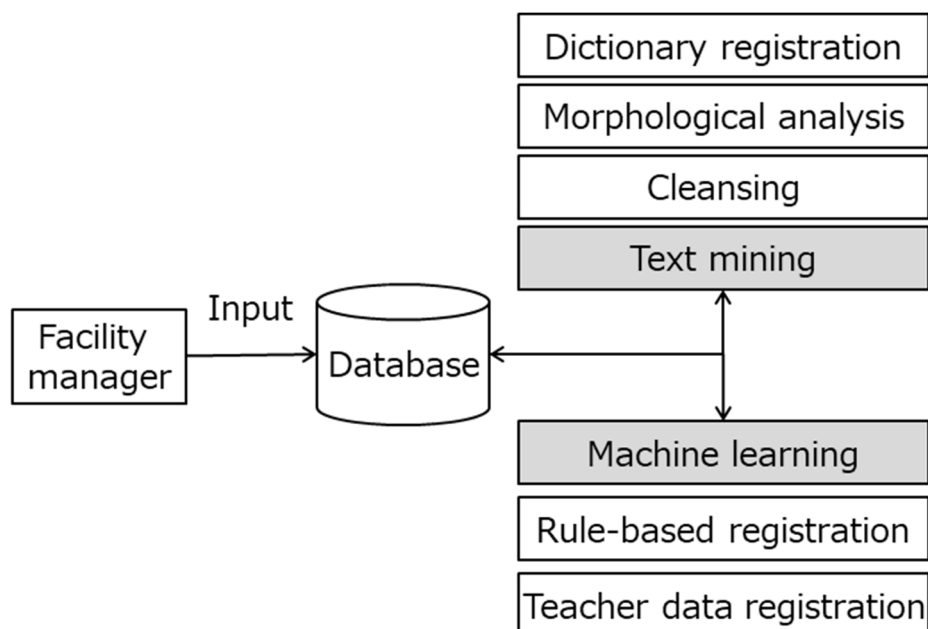


図 2.3 日報データ分析機能ブロック図

記録されたデータを、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 2.4 に示す通り、設備管理者が入力した自然文を、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、ビル特有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。

■ Original

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。

■ Split by the smallest meaningful word

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/。

■ Recognize technical terms

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/。

■ Extract only the words needed for analysis

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 2.4 テキストマイニングブロック図

このテキストマイニングで作成した単語は、図 2.5 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を登録する。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、2.3.3 データ利活用機能で使用する。

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する。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除く役割である。本提案では、ビルでは場所を

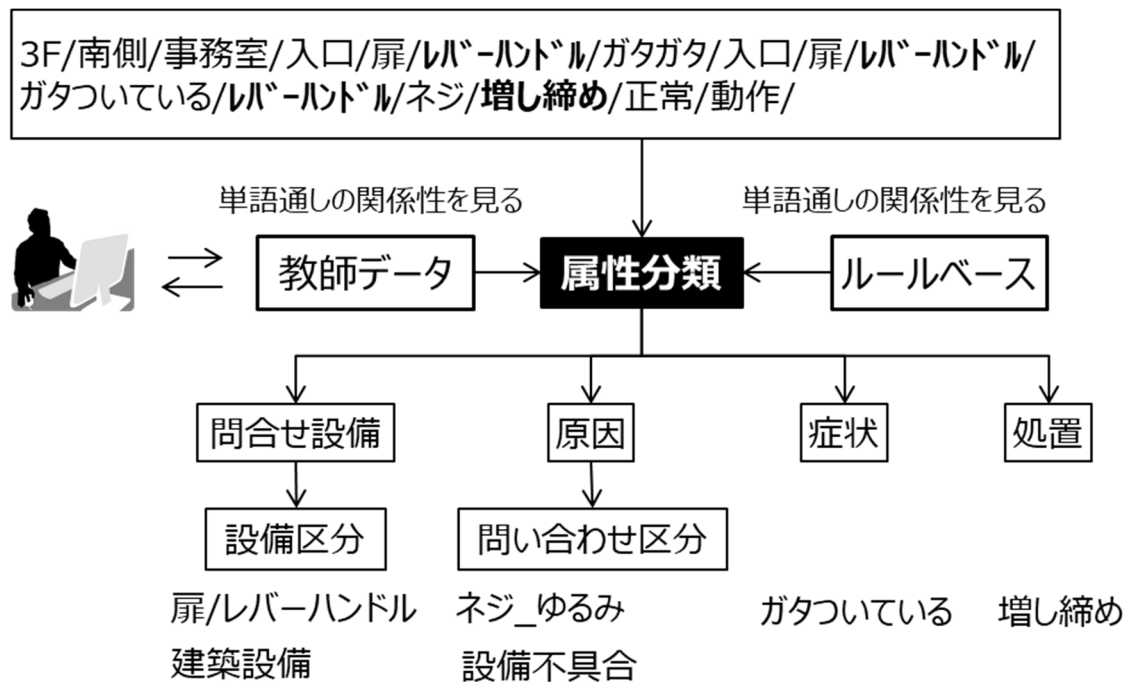


図 2.5 機械学習ブロック図

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。

### 2.3.3. データ利活用機能

2.3.2 日報データ分析機能により、BEMSからの警報、利用者からの問い合わせ、その対応した結果を、分析可能な形態に処理を行い蓄積している。そのデータをもとに、設備管理者が、受信した内容を入力し、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2.6に示す。その検索方法は、問い合わせ内容、原因、処置を組み合わせることであり、蓄積された対応が表示される。これまでは、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、2.3.2 日報データ分析機能にて処理された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、従来の検索手法にみられる、必要な情報が得られ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なる情報を提供できる。検索結果の例示としては、漏水の問い合わせに対し、ビニールシートを持参して養生を行い、電気設備ラック、電線の保護を実施した事例が抽出された。この情報により、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等の情報をもとに、対応が行えるようになることが期待される。

本機能により、これまで蓄積してきた利用者からの問い合わせと、その対応結果である情報が活用されず、効率化が図れないという課題を解決し、データを利活用することにより設備管理者の効率化が図れるものと考えられる。

Building equipment management  
correspondence history data search

🔍

Search

Semantic search

---

**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 2.6 対応結果検索画面

また、設備管理者の業務には、計画的に実施している設備の定期点検がある。その点検は、あらかじめ作成した点検項目にもとづき、点検を実施している。しかし、同一人物がいつも同じ設備を点検することはない。設備管理業務は、交代制のため、日中と夜間の勤務もある。そのため、作業者により、ノウハウ情報、作業時間に差が出てしまう。そこで、2.3.2で蓄積したデータを利活用し、あらかじめ作成する点検項目にノウハウ情報の提示を行う。この追加情報により、注意するポイントを把握した上での作業が可能である。また、作業時間については、作業が増加して効率化が損なわれる可能性があるため、情報端末を導入し、点検時には、項目完了後にチェックを行う機構を追加する。このチェック機構により、作業時間の差が見えるようになり、同じ作業項目の作業時間の差が明確になる。また、他の作業者とグラフ表示などにより比較することで、作業時間が短い作業者からノウハウを共有することが可能となる。これにより、作業のノウハウ伝承が図られビル設備管理業務の効率化が期待できる。

また、可視化により情報を得られる方法について図 2.7 に示す。左側には、ビルの立面図を表示し、どのフロアで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。この可視化により、設備管理者は、テナントからの問い合わせに対して、図 2.6 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、対応結果、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 2.7 に示す画面で、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を発信しているのかなど、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 2.7 の平面図は、BEMS 納入時の CAD データを流用

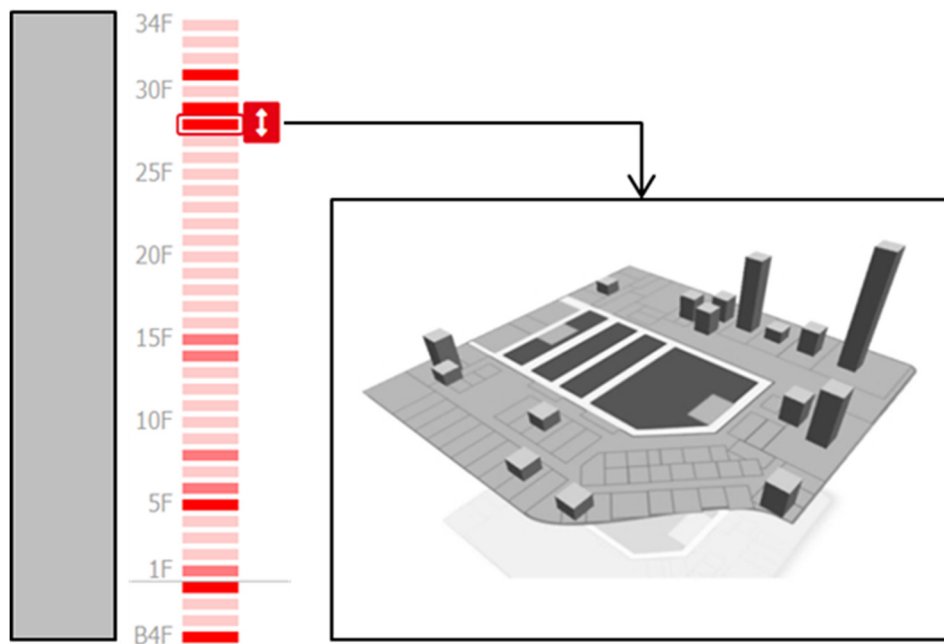


図 2.7 テナント分析の可視化画面



して作成することが可能である。

また、データの可視化により分析を行った結果、BEMS からの警報や、利用者からの問い合わせに周期的に発生していることが判明する場合がある。この場合は、BEMS のダミー警報信号に対して、BACnet 通信インタフェースを用いて、プリアラームを発生させることにより、定期点検の項目に計画的に追加を行い、処置を実施することにより、警報発生や問い合わせ発生を未然に防止することが可能である。

## 2.4. シミュレーションと評価

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、2.3.2 日報データ分析機能、および2.3.3 データ利活用機能により、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行い評価した。

### 2.4.1. 日報データ分析機能

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2.8に示す。テナントからの問い合わせを、11月1日に333件を入力した結果、機械学習の精度は、95.7%、教師データの有効データ率は、71.9%となった。続いて、1月12日に8,909件を入力した結果、機械学習の精度は90.0%、教師データの有効データ率は95.0%となった。その後、3月7日の時点では、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% となった。以降，機械学習の精度はほぼ横ばいとなった。この結果から，データ入力後に変動する機械学習の精度，および教師データの有効データ率の振幅の幅が少なくなり，教師データの有効データ率が 100%，かつ機械学習の精度が 95% を超えた時点で，データ活用が可能であると判断する。

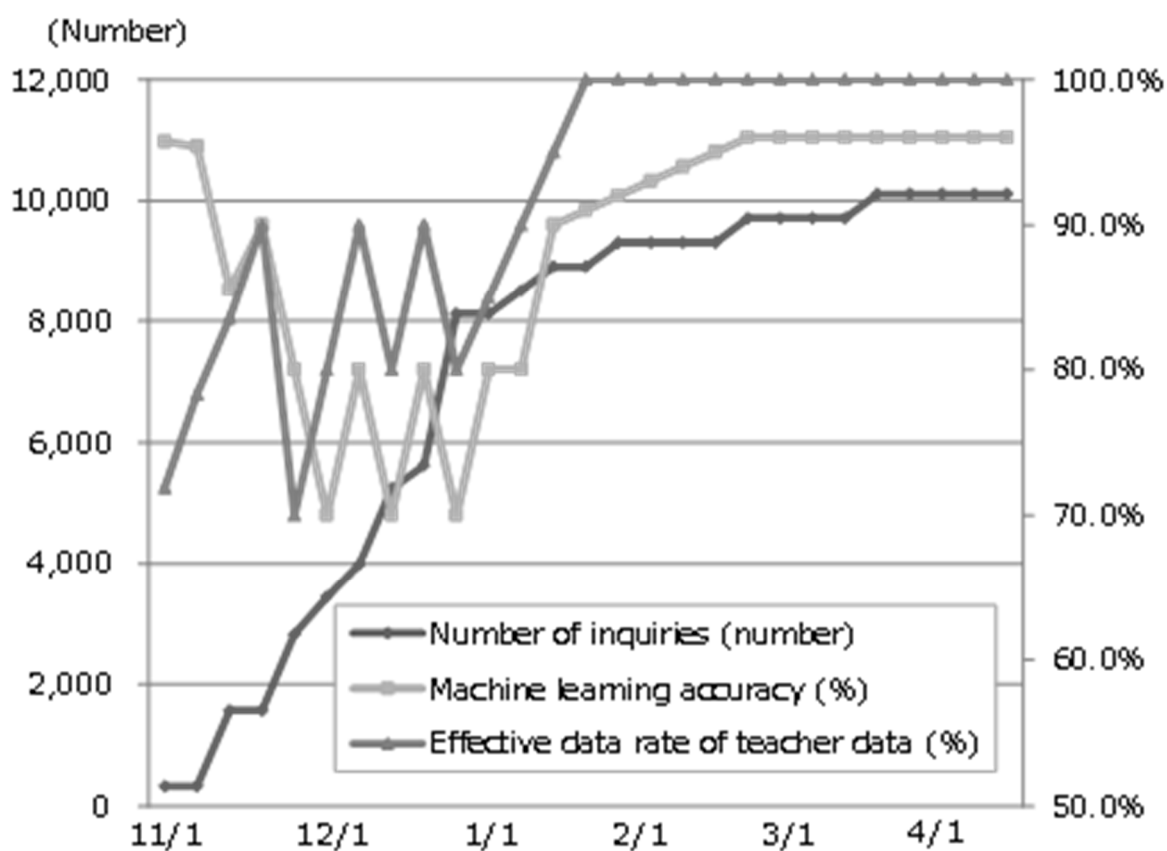


図 2.8 機械学習の精度シミュレーション結果

## 2.4.2. データ利活用機能

日報データ分析機能による分析結果を用いて、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、問い合わせが発生する前に、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。

また、同一期間で、フロアの異なるテナントの問い合わせ件数を比較した結果、問い合わせの内容に相違があることが判明した。その結果を図 2.9 と図 2.10 に示す。この結果から、テナントごとに、気になるポイントに違いがあることがわかる。テナント A は、図 2.9 に示すとおり、6 ヶ月間で、702 件の問い合わせを行っている。そのうち温度変更に関する依頼は、半数以上の 452 件あり、温度に関する関心が高いことがわかる。一方で、テナント B は、図 2.10 に示すとおり、6 ヶ月間で、179 件の問い合わせを行っている。そのうち、温度変更依頼は 32 件、扉の異音に関する問い合わせが 52 件である。すなわち、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が、テナント B は、扉の異音に関心が多いことがわかる。その扉のヒンジについて、ビル全体の問い合わせ件数の推移を図 2.11 に示す。この問い合わせ件数の推移を分析すると、概ね 3 から 4 ヶ月の一定周期で発生していることが確認できる。これらの周期性を分析することが出来れば、未然に問い合わせを防止することが可能であると考えられる。すなわち、分析結果から周期性を発見できれば、その情報を BEMS に登録を行い、プリアラーム機能にて、問い合わせ発生前に、計画

的に作業が可能である。

## Tenant A

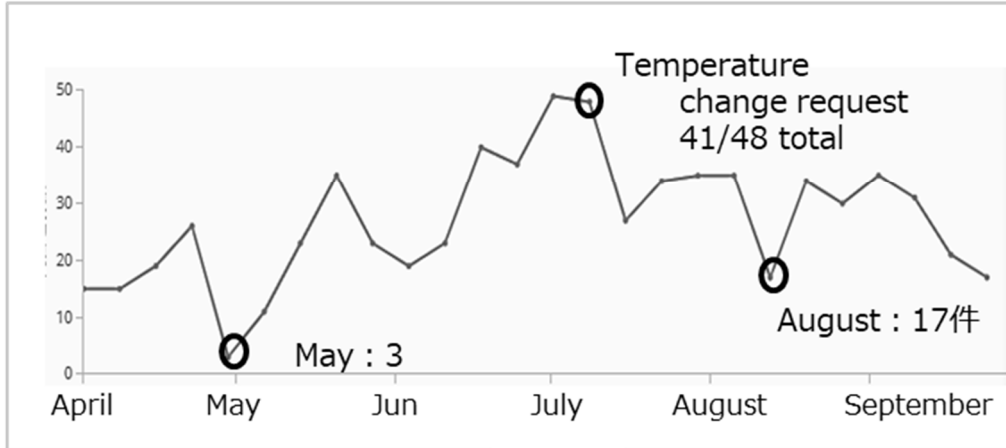


図 2.9 テナント A 問い合わせ件数

## Tenant B

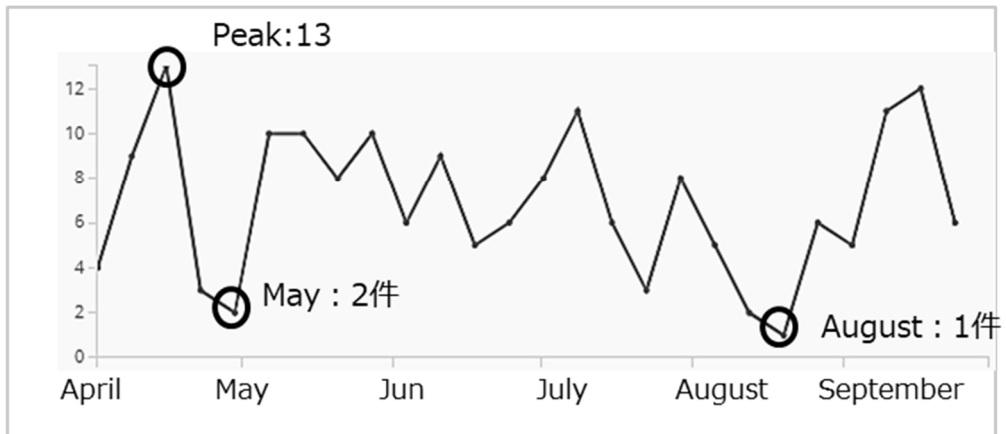


図 2.10 テナント B 問い合わせ件数

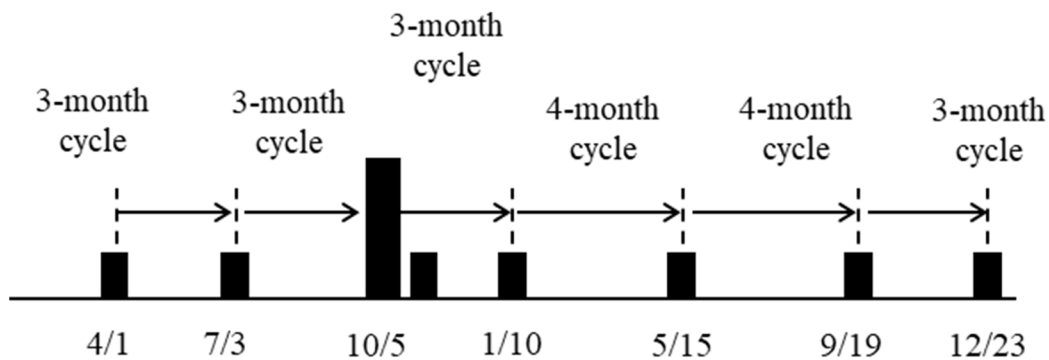


図 2.11 扉ヒンジの問い合わせ周期

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、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考えられる。

## 2.5. 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と評価を行った。そのシミュレーション結果について以下に考察を行う。

### 2.5.1. 日報データ分析機能

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、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。

## 2.5.2. データ利活用機能

2.3.2 にて実施した蓄積された日報データ分析機能の結果を用いて、データ利活用機能を考察する。日報データ分析機能の結果を分析すると、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、新たにセンサーを設置することなく、BEMS の機能にて、問い合わ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

に対処可能な仕組みの検討が必要である。また、BEMS のプレアラーム機能にて、データ分析から、問い合わせ発生の周期性などを発見し、問い合わせが発生する前に、BEMS にデータを送信することで、プレアラーム発生させて、適切なタイミングで、計画的に点検を実施する検討が必要である。

## 2.6. 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し、その結果を利活用可能な形態とすることで、設備管理者の業務の効率化に取り組んだ。今後は、設備管理者のワークフローを考慮し、BEMS と連携した機能を構築し、ヒトの情報を BEMS のセンサーとして取り込み、BEMS からプレアラームを発生させることで、利用者からの問い合わせが発生する前に、設備管理者が点検などによって計画的に対処する機能の実現に向けて検討する必要があると考えている。また、設備管理業務の効率化と、ノウハウ伝承のために、体系的な管理手法をさらに検討していく必要があると考えている。

## 第3章 “省エネバリア” を超える

### BEMS 連携型省エネサービス

#### 3.1. はじめに

省エネ法（エネルギーの使用の合理化に関する法律）は、昭和 54 年に石油危機を契機として制定され、平成 15 年度の改正では、エネルギー使用量が年間 1,500kl 以上（原油換算。以下同じ）の工場・事業所において、エネルギー使用状況の報告が義務化された。平成 20 年度の改正で、対象範囲を事業所単位から事業者単位に拡大し、エネルギー総量の削減強化に向けた改正が行われた[20]。さらに、平成 22 年度の省エネ強化に加え、東日本大震災をきっかけとした電力需給対策として、電力ピーク抑制に向けた改正が行われるなど、省エネの重要性がこれまで以上に高まっている[21]。特に、部門別エネルギー消費では、工場およびビルにおける生産活動の増加などにより、エネルギー使用量が増加している。工場では、省エネ法の規制対象が約 9 割に達するが、ビルにおいては、規制対象が約 4 割に留まっており、今後も規制範囲が拡大されるものと想定される。今後も省エネ法の規制強化が想定されるビルにおいて、省エネルギーの実現には、いくつかの選択肢が存在する。たとえば、ESCO (Energy Service Company) 事業[22]、省エネサービス事業[23][24][25]、高度な省エネシステム導入[26] [27] [28]などが存在するが、いずれも専門家がエネルギー使用量の分析を行う事例である。一般的には、BEMS [29][30][31]を導入し、エネルギー使用量を可視化することが有効であるとされる[32] [33]。すなわち、可視化されたデータにもとづき、PDCA サイクルを回して、年 1%以上の削減に向けて、データを評価して対策し、次の計画を立案する。しかしながら、エネルギー管理者は、省エネ活動を



継続する中で、エネルギーの単なる可視化だけでは行き詰まり、活動が停滞してしまう。これは、“省エネバリア”と呼ばれる省エネ活動の課題である[34][35][36]。この課題を解決するために、省エネ対策を実施した場合に、どのようなメリットがあるか、定量的に提示可能な仕組みが必要となる。たとえば、省エネに精通した専門家は、可視化データから、省エネ対策につながるエネルギー使用の無駄を抽出し、効果的な対策案を検討し、対策費用に対しての回収年を提示することが可能である。しかし、専門家に分析を依頼するサービスを利用することは、新たに費用が発生してしまう。このことから、新たに費用が発生することなく専門家による分析を利用できる仕組みが求められている。

本章では、上記で述べた省エネバリアを超えられない課題を解決するために、BEMS の保守契約（点検・故障対応）に、専門家によるエネルギー分析を加えた BEMS 連携型省エネサービスを提案する。このサービスは、特異点自動抽出機能と投資対効果提示サポート機能から構成される。本研究では、5 年間にわたって実際に稼働している規模が異なるビルに対し、提案方式を適用し、その有効性について評価を行った。

### 3.2. 従来方式の BEMS の取組みと課題

ビルの竣工時に、試運転調整が行われ施主に引き渡されるが、この時の調整は設計条件によるピーク負荷を想定し、オーバースペックで設定していることが一般的である。ビル運用開始後もそのまま運用されるケースが多く、オーバースペックで使われている状態をなかなか把握できない。そのような現状の中、近年、省エネ活動の高まりから BEMS が注目を集めている[37]。BEMS は、室内環境とエネルギー性能の最適化を図るためのビル管理システムである。ビルに設置される空調や照明などの主要設備を対象とし、各種センサーにより、室内環境や設備の状況を収集・蓄積する。この収集・蓄積されたデータから、エネルギー

一使用量の可視化や、設備の自動制御を行う[38][39]。これにより、BEMSを導入した初年度は、自動制御によりエネルギー使用量の削減が実現する。しかし、次年度以降はBEMSの自動制御による効果はほぼ一定になり、省エネ法が義務付けている年1%以上の削減を達成することができない。そのため、エネルギー管理者は、BEMSのデータから自動制御のチューニングを行う、もしくは設備を高効率機器に更新するなどの対策が必要となる。以下に、従来からのBEMSによる省エネ活動の課題を示す。

### 3.2.1. 課題1：エネルギー使用量の無駄を発見できない

エネルギー管理者は、従来からのBEMSによって可視化されたデータから、エネルギー使用の無駄を発見し、省エネ対策の立案が求められる。しかし、ビル運用の変化によるエネルギー使用の変化は比較的小さい場合が多く、複数の設備情報を時系列で確認する必要がある。そこでBEMSのグラフ表示機能を活用するが、限られたグラフ表示では、エネルギー使用の無駄を発見することはできない。そのためBEMSの収集・蓄積されたデータから、表計算ソフトなどを使用して分析を行うが、データ量が膨大となり、データ整理や分析が難しい。このデータを設備故障の自動検知に活用する提案[7][8][9]、およびBEMSに蓄積されたデータを分析する方式に関係する提案として、省エネルギーの分析に必要なセンサー情報を大量に収集し、コンテキストを加味したデータマイニングによる手法[10]、BEMSを活用した省エネチューニング手法[11]、BEMSを活用した運用・管理段階における省エネ活動手法[12]が存在する。しかしながら、これらの提案は、省エネルギーに関する専門的な知識を有していることを前提としており、専門的な知識を持ち合わせていないエネルギー管理者への適用は難しいという課題がある。また、BEMS導入後の次年度以降に、エネルギー使

用に対する無駄の発見とその対策の立案に対して、新たに専門家を導入するなど、費用面での追加は困難であるという課題がある。

このように、エネルギーの専門家ではないエネルギー管理者が、エネルギー使用の無駄を発見し、その対策を立案することは難しいという課題がある。

### 3.2.2. 課題2：投資対効果がある省エネ対策を立案できない

エネルギー管理者がエネルギー使用の無駄を発見できた場合、エネルギー管理者は、その無駄を取除く対策を立案し、エネルギーの分析結果・根拠、対策の有効性、投資対効果をまとめた資料を作成する必要がある。特に、対策に必要な費用と削減量の金額換算を算出し、優れた投資対効果を示すことができれば、省エネ対策の実現性は高まる。しかし、従来方式の BEMS には、このような投資対効果を算出する機能や、これらの作業をサポートしてくれる機能がない。設備業者に依頼する方法があるが、設備業者の対応できる範囲は、設備ごとにクローズしてしまうため、ビル全体での投資対効果の算出はできない。つまり、設備業者が算出した設備ごとの投資対効果をもとに、自ら確認や調整を行い、対策案をまとめる作業を実施することになり、多くの時間と労力を費やしてしまう。この状況において、他の業務と兼任しているエネルギー管理者は、決裁者にエネルギーの分析結果・根拠、対策の有効性、投資対効果を提示しわかり易く説明することは難しい状況にある。

### 3.3. BEMS 連携型省エネサービスの提案

上記で述べた従来からの BEMS による省エネ活動の課題を解決するために、BEMS 連携型省エネサービスを提案する。

### 3.3.1. 提案式のサービス概要

BEMS 連携型省エネサービスの概念を図 3.1 に示す。このサービスは、ビルに導入された BEMS から、ビルの主要設備（空調・照明・受変電など）のデータを、インターネット回線を用いて収集しサーバに蓄積する。この蓄積されたデータをもとに、エネルギーの専門家が、エネルギーの分析、および省エネ対策の立案を行い、省エネ対策レポートを生成する。生成されたレポートは、ビルを担当するサポーターから、そのビルのエネルギー管理者に提供される。サポーターは、レポートを提出時にエネルギーの分析結果、および対策について詳細な説明を実施する。対象ビルのエネルギー管理者は、このレポートをもとに、対策の実施を決める決裁者の承認が得られるよう説明を行い、承認を得る。また、サポーターは、エネルギー管理者に説明を実施した際に、ビルの運用状況や要望などの

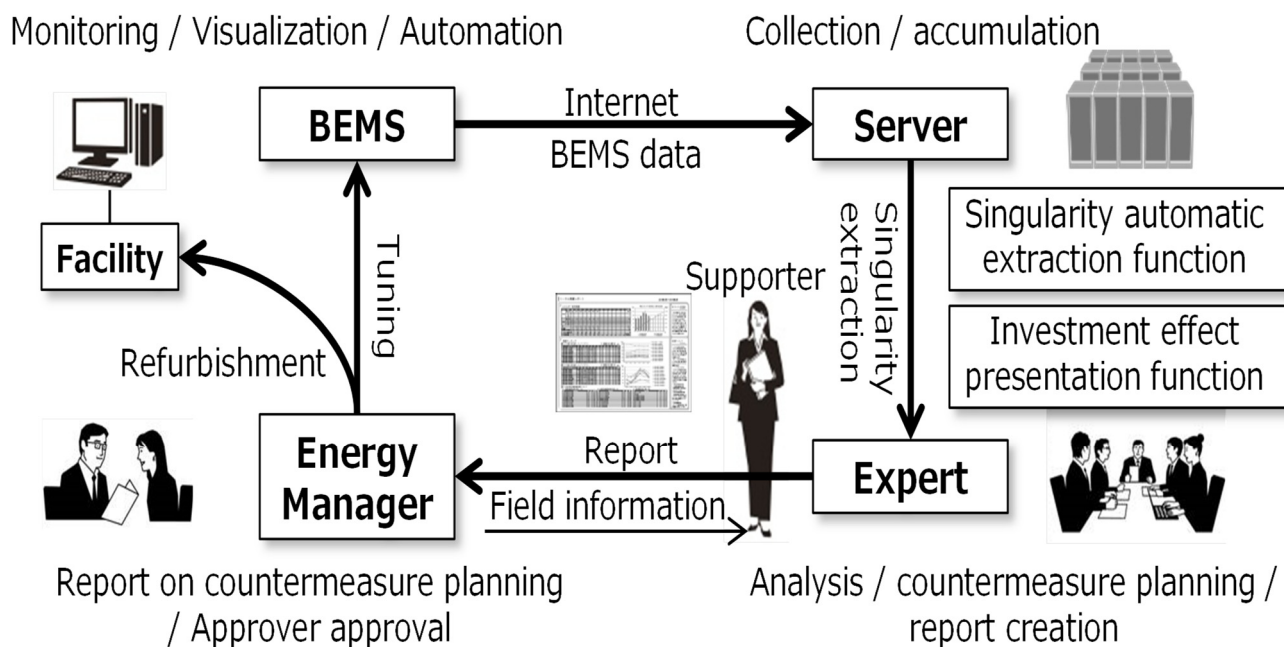


図 3.1 サービス概念図

現場情報を収集する。この収集された情報は専門家の分析にフィードバックされる。また、顧客の要望に応じて、省エネ法対応の定期報告書、中長期計画書、管理標準の作成を併せてサポートする。このように提案方式は、エネルギー管理者の継続的な省エネ活動をサポートするサービスである。このサービスは特異点自動抽出機能と投資対効果提示サポート機能から構成される。

### 3.3.2 特異点自動抽出機能

エネルギー使用の無駄を発見できない課題を解消するため、本サービスは、特異点自動抽出機能を備える。本機能は、図 3.2 に示す通り、トレンドデータ管理機能、分析シナリオ・特異点抽出機能の 2 つの機能により構成される。トレンドデータ管理機能は、各ビルから 1 分周期のデータを収集し、時系列でデータを圧縮する。そのデータに欠損データがあれば補間を行い、トレンドデータを生成する。分析シナリオ・特異点抽出機能は、複数の条件を組み合わせた「分析シナリオ」に合致するデータを特異点として自動抽出する。表 3.1 に示す分析シナリオは、現地調査で収集するビルの情報（用途、延床面積、階高、空調方式、熱源

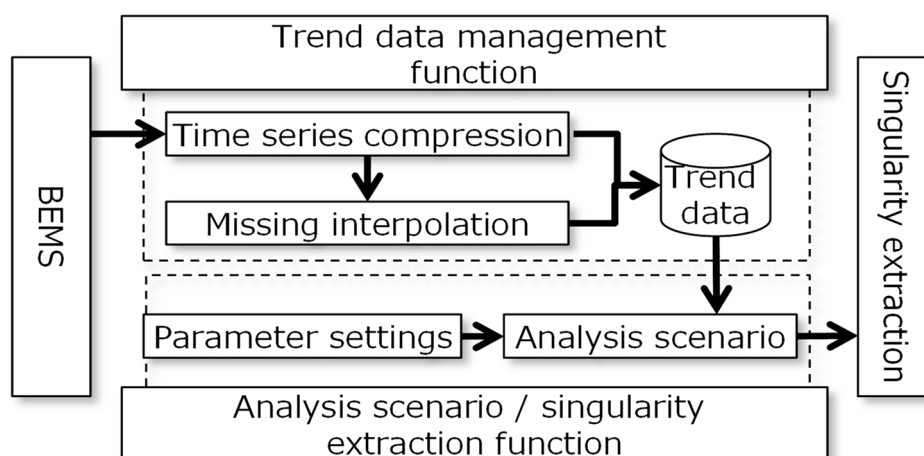


図 3.2 特異点自動抽出機能

タイプなど)をパラメータとして与えることにより、あらかじめ用意するパターン化されたシナリオ一覧から該当するシナリオが自動で選ばれる。選ばれたシナリオには、エネルギーの削減効果が見込まれる事象を抽出するために、特異点と判断する閾値などの条件を設定している。

この条件は、ある値が一定時間継続するなどの閾値と、その時に、ある設備が運転状態であるなどの複数の条件を組み合わせている。その条件の策定にあたっては、省エネ診断を行っている専門家が、財団法人省エネルギーセンター発行の「省エネチューニングマニュアル」、「省エネチューニングガイド」をベースに、これまで省エネ診断で得た結果を、過去のデータとしてセンター側に蓄積し、このデータをもとに、エネルギーの削減効果が見込まれる事象を抽出する条件として、あらかじめ分析シナリオに設定をしている。特異点自動抽出機能は、分析

表 3.1 分析シナリオ一覧

Item	Analysis scenario
Air conditioning / heat source	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hot and cool water valve aberrance</li> <li>• Short-cycle event anomaly during demand control</li> <li>• Sensor singularity abnormality</li> <li>• Supply air temperature abnormality when the valve is open</li> <li>• Hunting of control output</li> <li>• Efficiency abnormality due to temperature difference between hot and cool water input and output</li> <li>• Heat generation / conveyance system abnormality of heat source machine</li> <li>• Abnormal operation of heat source equipment due to temperature abnormality</li> </ul>
Electrical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Over leading power factor abnormality</li> <li>• Electricity usage correlation abnormality in same floor</li> <li>• Inefficient due to the I/O temperature difference between hot and cold water</li> </ul>

シナリオによりアラートをあげ、特異点が抽出されると、あらかじめ設定している関連するデータをトレンドデータから収集し、抽出結果をグラフやランキングで表示を行う。専門家は、これらのグラフやランキングで表示されたデータにもとづき、抽出された特異点の確認を行うことが可能となる。

例えば、空調の冷温水弁出力異常は、図 3.3 に示す通り、セントラル空調方式のビルにおいて、居室内の熱負荷が減少、または空調機が停止すると、冷温水管の圧力が上昇する。この時に上昇を防止するためバイパス弁が全開し、冷温水がバイパス路を流れるために大きなロスが発生する。このケースでは、大量のデータから、バイパス弁の開度状況を人の目で確認することは難しく、専門家でも

#### ■ Operation flow

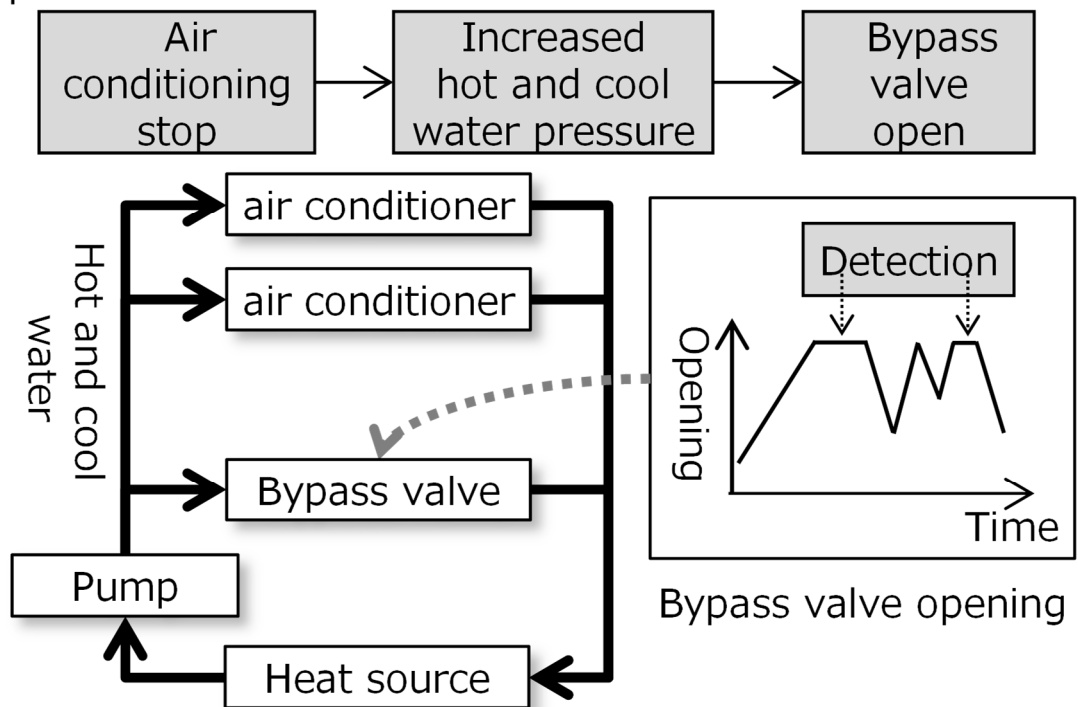


図 3.3 冷温水バルブの異常検知フロー

時間を要する。そこで、分析シナリオによって、バイパス弁に対する制御出力が、一定時間、開度 100%であることを特異点として自動検知し、関連するデータを抽出する。本機能により、エネルギー管理者が陥ってしまう、エネルギー使用の無駄を発見できない課題は解消できる。

### 3.3.3. 投資対効果提示サポート機能

投資対効果がある省エネ対策を立案できない課題を解消するため、本サービスは、エネルギー管理者が投資対効果を提示可能とするための専門家をサポートする機能を備える。本機能は、表 3.2 に示す通り、エネルギー管理者に提供するレポートとして、トータル実績レポート、エネルギー分析レポート、設備管理分析レポートの 3 つのレポートを生成する。

トータル実績レポートは、エネルギーの使用実績として、ビル全体の今年度エネルギー使用量、およびエネルギーの原油換算値を、昨年度と比較し提示する。

表 3.2 投資対効果提示レポート内容

Report	Content
Total performance	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Monthly usage               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crude oil equivalent value of current and last year</li> </ul> </li> <li>■ Ranking               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy consumption by area</li> <li>• Energy consumption by facility</li> <li>• Operating time / number of starts / number of alarms</li> </ul> </li> <li>■ Comments from experts</li> </ul>
Energy analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Result of analysis               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extract waste of energy use</li> </ul> </li> <li>■ Proposal content               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Specific presentation of improvement measures</li> </ul> </li> </ul>
Facility management analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Approximate cost of measures</li> <li>■ Amount conversion for effect prediction</li> <li>■ Cost reduction prediction</li> </ul>



次に、実績ランキングは、エリア別・設備別のエネルギー使用量、および設備の運転時間、起動回数、警報回数を実績ランキングとして提示する。この実績ランキングは、エネルギー使用量の多い場所、運転時間が長い設備、警報回数が頻発している設備などを降順に表示する。この実績ランキングにより、エネルギーを多く消費する場所の特定など設備の状況を的確に把握することが可能となる。

また、エネルギー使用実績、および実績ランキングにて提示したデータをグラフ化する。このグラフによって、数値やランキングだけでは見落としてしまう情報を視覚的に捉えることが可能となる。さらに、専門家の分析結果をコメントとして提示することにより、エネルギー管理者は、レポート対象期間に発生したエネルギー消費に関する状況を的確に把握することが可能となる。また、設備の故障、デマンド監視装置の警報などの設備が故障している状態、もしくはデマンド監視などの機能で警報が発生している状態では、エネルギー使用の無駄を分析しても意味をなさない場合があるため、設備ごとの警報回数をランキングし、設備の稼働状態を可視化する。さらに、専門家の分析結果をコメントとして提示することにより、エネルギー管理者は、レポート対象期間に発生したエネルギー消費に関する状況を的確に把握することが可能となる。

次に、エネルギー分析レポートは、3.3.2 で述べた特異点自動抽出機能によってエネルギー使用の無駄を抽出した結果と、専門家が対策案、対策実施した場合に想定される削減量と換算した金額、および対策に必要な概算費用を算出し投資対効果を提示する。設備管理分析レポートは、3.3.2 で述べた特異点自動抽出機能によって、抽出したエネルギー使用量、運転時間、警報回数の急激な変化を抽出した結果と、設備更新や運用方法改善などの対策、対策実施した場合に想定される削減量と換算した金額、および対策に必要な概算費用を算出し投資対効果を提示する。エネルギー管理者は、これらのレポートを受領し、エネルギー分

析結果・根拠，対策の有効性，対策費用を決裁者に説明することができる。これにより，投資対効果がある省エネ対策を立案できないという課題は解消できる。

### 3.4. 評価

提案方式の有効性を評価するために，2013年度から2017年度の5年間にわたって，表3.3に示すビルに適用し，特異点自動抽出機能，投資対効果提示サポート機能についてそれぞれのビルで評価した。なお，本評価は，地域および延床面積が異なる，大規模，中規模，小規模のビルを抽出した。

#### 3.4.1. ビルAの評価

大規模のビルAでは，年間のエネルギー使用量が，原油換算で1,500klを超え，省エネ法の第二種指定工場に該当し，直近の5年間において年1%以上の削減が義務付けられている。特異点自動抽出機能の評価結果として，年度ごとに抽出された特異点の件数を表3.4に示す。2013年度から2017年度までの5年間で32件の特異点を抽出した。また，年平均では6.4件，多い年度で10件，少ない年度でも5件の特異点を抽出した。

次に，投資対効果提示サポート機能の評価結果として，年度ごとのエネルギー削減量，削減率，および提案方式から抽出された対策を実施したことによる削減量（提案効果）を表3.4(a)と図3.4(a)に示す。提案方式の適用前の2012年度時点では，年間のエネルギー使用量が1,750klであったが，5年後の2017年度には1,497klまで減少し，削減量は253kl，削減率は14.5%に至った。直近5年間の平均削減率は2.9%，各年度についても年1%以上の削減率を達成している。

さらに原油換算で全体のエネルギー使用が1,500klを下回り，第二種エネルギー管理指定工場を外れる結果に至った。また，表3.4(a)に示す通り，5年間

表 3.3 対象ビル一覧

Target building	Location	Total floor area(m <sup>2</sup> )	Start(Year)	Control Points
A(Large)	Kanagawa	20,000	2013	9,000
B(Medium)	Miyazaki	15,000	2013	5,000
C(Small)	Hiroshima	7,000	2013	4,000

表 3.4(a) ビル A 対策提案と効果

Year	singular point	Proposed measure plan	Adopted	Proposal effect (kl)		Reduction (kl)
				Operation	Facility	
2013	5	3(3)	2	81	0	89
2014	10	9(10)	8	62	0	69
2015	7	5(7)	4	47	0	54
2016	5	4(7)	4	17	0	22
2017	5	4(7)	3	18	0	19
Total	32	25	21	225	0	253
				225		

The number in parentheses is the total number of proposed measure plans which are extracted in this year and are not adopted.

で 25 件の対策案を抽出した中で、21 件の対策を実施し、対策の採用率は 84.0% となった。削減効果については、ビル全体の削減量 253kl に対し、提案効果として 225kl の削減し、貢献度は 88.9%となった。なお、提案効果の内訳は、すべて設備工事を伴わない、運用改善によるものであった。

また、対策を実施した施策の代表的な事例について、対策内容とその抽出した特異点を表 3.4(b)に示す。その中の事例について詳細を説明する。2013 年度に冷温水 2 次ポンプの変流量方式の改善事例では、対策前は、図 3.3 に示す通り、空調負荷が変動した時に、ヘッダー間の差圧が一定となるようにバイパス弁の自動制御を実施した。本提案の特異点自動抽出機能は、BEMS から収集するト

レンドデータから、空調機が運転している状態において、バイパス弁の開度が100%の状態かつ20分以上継続している事象を特異点として抽出した。抽出さ

表 3.4(b) ビル A 対策例

No	Countermeasures	Singularity extraction data
1	Improvement of the variable flow rate system of the secondary pump for cold / hot water	Air conditioner operation & full opening of bypass valve continued for more than 20 minutes
2	Stops intake of outside air at startup	CO2 concentration at start of air conditioning and damper opening 40% or more
3	Introduction of motion sensor	Lighting for long periods & traffic

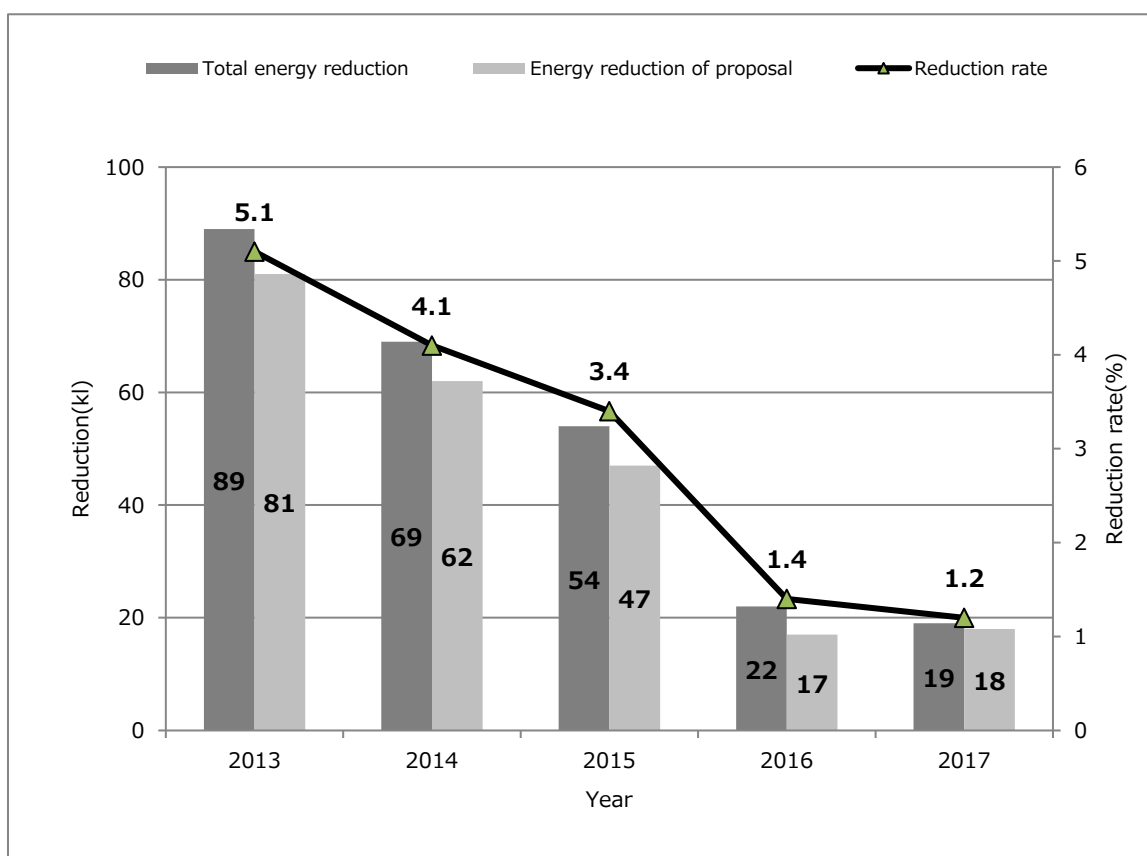


図 3.4(a) ビル A エネルギー使用削減量・削減率

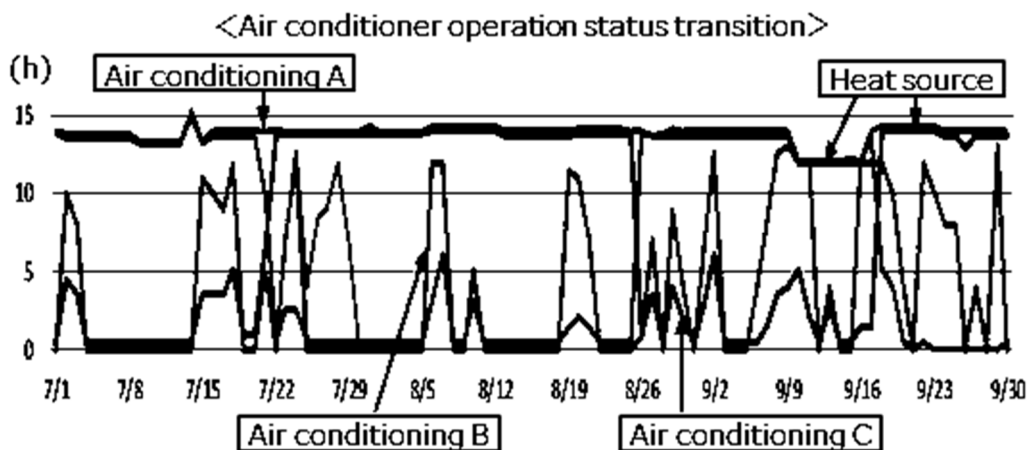


図 3.4(b) 空調運転状態遷移

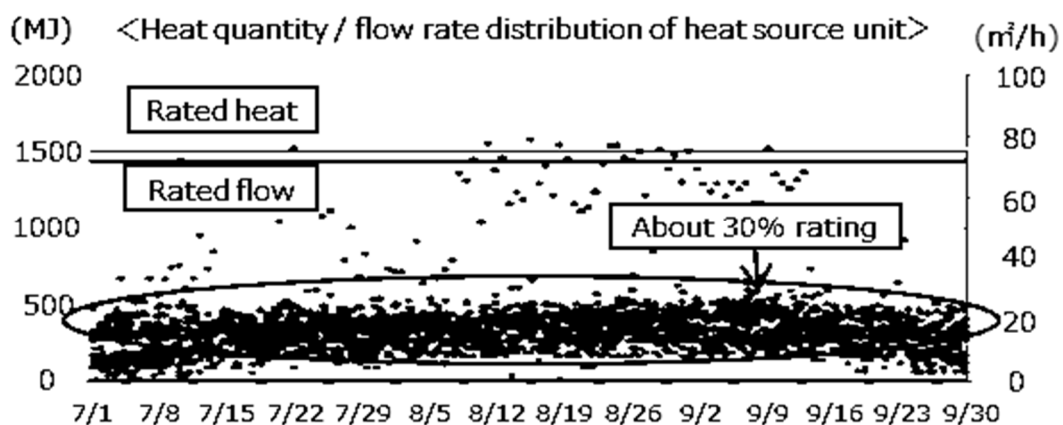


図 3.4(c) 熱源ユニットの熱量・流量分布

れた特異点のデータから、図 3.4(b)に示す空調機運転状態の推移を調べたところ、空調機の運転が減少しており、図 3.4(c)に示す熱源機の熱量・流量分布を確認すると、定格に対し約 30%程度出力であることがわかる。このデータから、投資対効果提示サポート機能も用いて、インバーターによる差圧一定制御方式に変更する対策を立案している。この対策により、エネルギー削減効果として 72.4(KI/年)、約 3 年で対策費用を回収することが可能である効果がある結果が得られた。上記の事例は、省エネ診断の結果を蓄積し、センター側で処理する特

異点自動抽出機能を実装することにより、エネルギーの削減効果が見込まれる事象を特異点として抽出でき、投資対効果を提示サポート機能により、投資対効果のある対策が立案できたものとする。

### 3.4.2. ビル B の評価

中規模のビル B では、年間のエネルギー使用量が、原油換算で 1,500kl 以下のため、年 1%以上の削減の義務はない。特異点自動抽出機能の評価結果として、年度ごとに抽出された特異点の件数を表 3.5(a)に示す。2013 年度から 2017 年度までの 5 年間で 26 件の特異点を抽出した。また、年平均では 5.2 件、多い年度で 7 件、少ない年度でも 4 件の特異点を抽出した。

次に、投資対効果提示サポート機能の評価結果として、年度ごとのエネルギー削減量、削減率、および提案方式から抽出された対策を実施したことによる削減量（提案効果）を表 3.5(a)と図 3.5 に示す。提案方式の適用前の 2012 年度時点では、年間のエネルギー使用量が 382kl であったが、5 年後の 2017 年度には 192kl まで減少し、削減量は 190kl、削減率は 49.7%に至った。直近 5 年間の

表 3.5(a) ビル B 対策提案と効果

Year	singular point	Proposed measure plan	Adopted	Proposal effect (kl)		Reduction (kl)
				Operation	Facility	
2013	6	5(5)	3	19	0	23
2014	7	6(8)	6	3	55	78
2015	4	3(5)	2	2	67	76
2016	5	5(8)	3	5	0	8
2017	4	3(8)	2	3	0	5
Total	26	22	16	32	122	190
				154		

The number in parentheses is the total number of proposed measure plans which are extracted in this year and are not adopted.

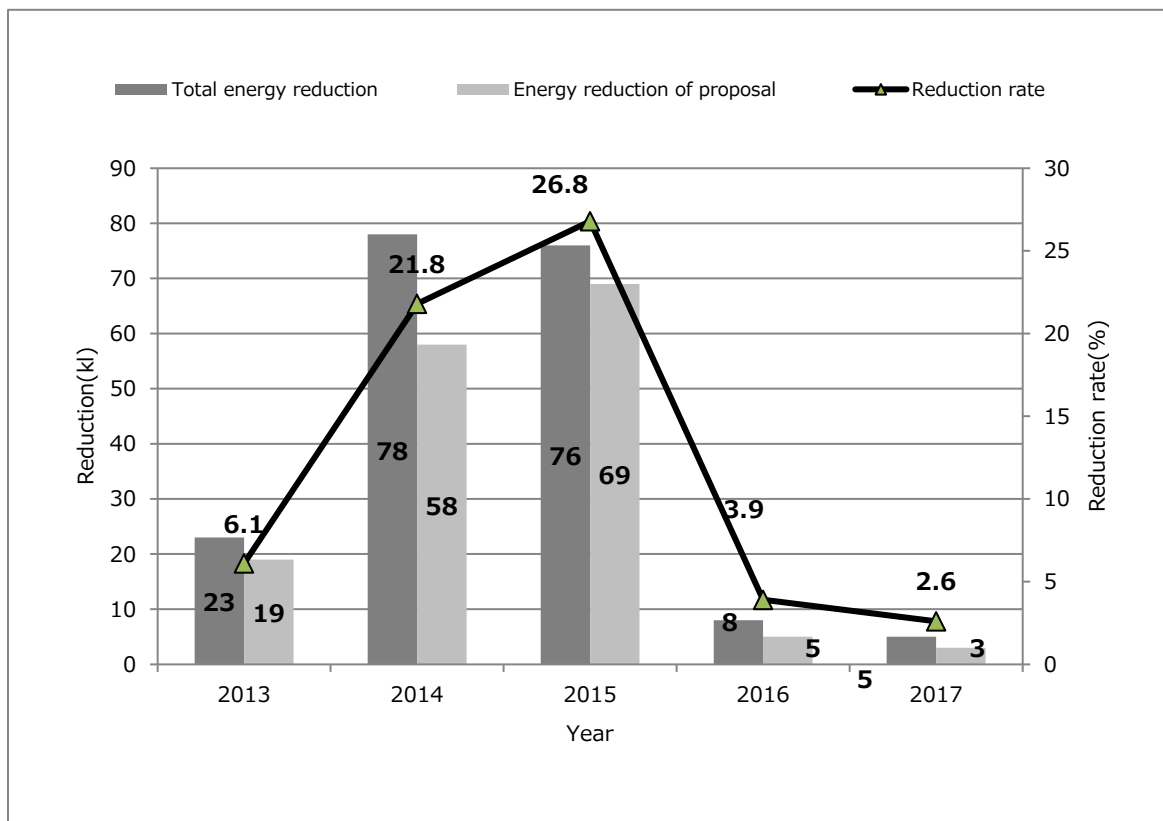


図 3.5 ビル B エネルギー使用削減量・削減率

平均削減率は 9.9%，各年度についても年 1%以上の削減率を達成した。

また、表 3.5 に示す通り、5 年間で 22 件の対策案を抽出した中で、16 件の対策を実施し、対策の採用率は 72.7%となった。削減効果については、ビル全体の削減量 190kl に対し、提案効果として 154kl の削減し、貢献度は 81.1%となった。なお、提案効果の内訳は、2014 年度、2015 年度に照明設備改修による大幅な削減であった。その設備改修以外については運用改善によるものであった。また、対策を実施した施策の代表的な事例について、対策内容とその抽出した特異点を表 3.5(b)に示す。

表 3.5(b) ビル B 対策例

No	Countermeasures	Singularity extraction data
1	Change of heat source number control method	Heat capacity and flow rate during the maximum load time zone are 50% or less of the rated
2	Stops intake of outside air at startup	CO2 concentration at start of air conditioning and damper opening 40% or more
3	Improvement of indoor mixing loss	Simultaneous cooling and heating operation on the same floor

### 3.4.3. ビル C の評価

小規模のビル C では、年間のエネルギー使用量が、原油換算で 1,500kl 以下のため、年 1%以上の削減の義務はない。特異点自動抽出機能の評価結果として、年度ごとに抽出された特異点の件数を表 3.6(a)に示す。2013 年度から 2017 年度までの 5 年間で 23 件の特異点を抽出した。また、年平均では 4.6 件、多い年度で 5 件、少ない年度でも 3 件の特異点を抽出した。

表 3.6(a) ビル C 対策提案と効果

Year	singular point	Proposed measure plan	Adopted	Proposal effect (kl)		Reduction (kl)
				Operation	Facility	
2013	5	3(3)	2	5	0	9
2014	5	4(5)	3	18	0	21
2015	5	4(6)	4	31	0	36
2016	5	4(6)	2	1	0	0
2017	3	2(6)	2	1	0	-4
Total	23	17	13	56	0	62
				56		



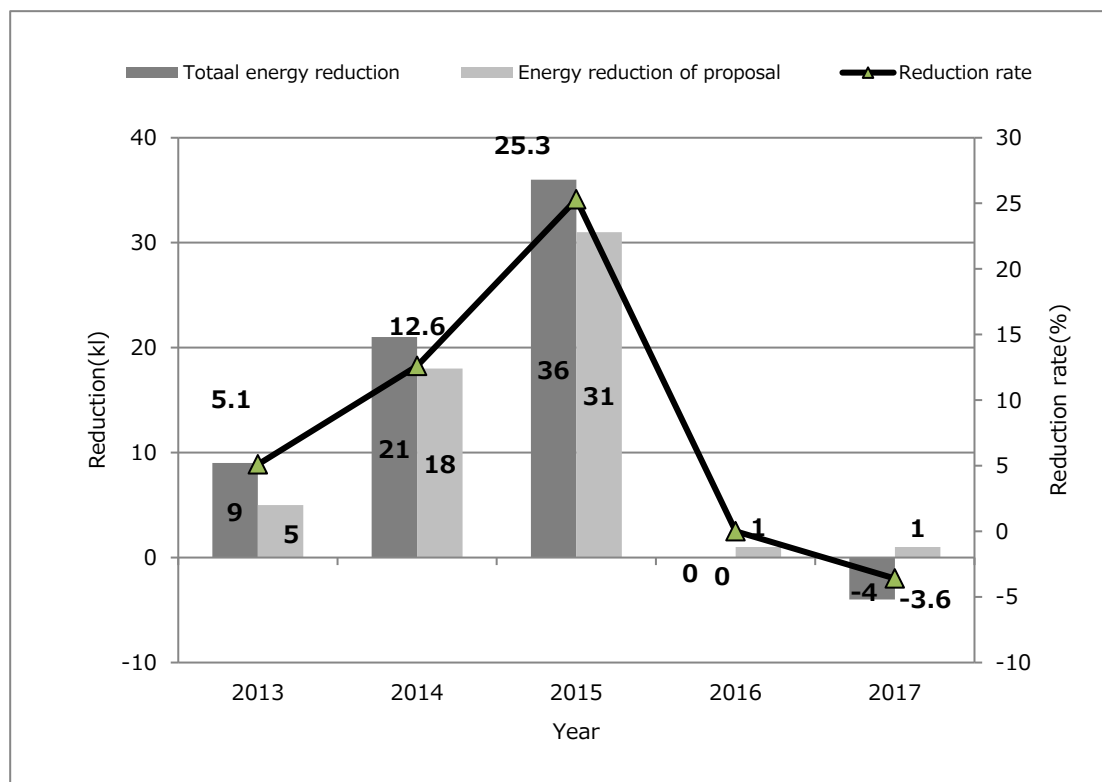


図 3.6 ビルCエネルギー使用削減量・削減率

次に、投資対効果提示サポート機能の評価結果として、年度ごとのエネルギー削減量、削減率、および提案方式から抽出された対策を実施したことによる削減量（提案効果）を表 3.6(a)と図 3.6 に示す。提案方式の適用前の 2012 年度時点では年間のエネルギー使用量が 172kl であったが、5 年後の 2017 年度には 110kl まで減少し、削減量は 62kl、削減率は 36.0% に至った。直近 5 年間の平均削減率は 7.2% であったが、2016 年度、および 2017 年度については年 1% 以上の削減率を達成できなかった。ただし、表 3.6 に示す通り、5 年間で 17 件の対策案を抽出した中で、13 件の対策を実施し、対策の採用率は 76.4% となった。削減効果については、ビル全体の削減量 62kl に対し、提案効果として 56kl の削減し、貢献度は 90.3% となった。なお、提案効果の内訳は、すべて設備工事を伴わない、運用改善によるものであった。また、対策を実施した施策の代表的な事例について、対策内容とその抽出した特異点を表 3.6(b) に示す。

表 3.6(b) ビル C 対策例

No	Countermeasures	Singularity extraction data
1	Room temperature adjustment	The difference between the reference set temperature and the changed set temperature is 2°C or more
2	Improvement of indoor mixing loss	Simultaneous cooling and heating operation on the same floor
3	Air conditioning equipment update	Comparison of power consumption of new and old equipment

### 3.5. 考察

#### 3.5.1. 特異点自動抽出機能の有効性に対する考察

3.4 の評価結果にもとづき、特異点自動抽出機能の有効性について、対策案の抽出、小規模ビルへの適用性、年度ごとの対策の選択肢の 3 点について考察する。

まず、対策案の抽出については、表 3.4～3.6 に示した通り、各ビルの 5 年間で、提案方式により抽出した対策案件数は、ビル A は 25 件、ビル B は 22 件、ビル C は 17 件となった。各ビルの抽出件数の平均は 21.3 件、年度ごとに抽出した件数の年度平均数は 4.2 件となる。対象ビルは、いずれも築 20 年を経過したビルであり、これまでもエネルギー管理者は省エネ活動に取り組んできたが、対策案の抽出に行き詰まりを感じていたビルである。従って、提案方式を適用後に、上記の対策案件数を抽出した結果は、特異点自動抽出機能が有効であったと判断できる。

次に、小規模ビルへの適用性については、表 3.3 に示した通り、ビル C は延

床面積が 7,000 m<sup>2</sup>の小規模である。大規模ビルと比較すると設置される設備数が少ないため、提案方式から抽出される対策案数も減少すると想定していた。具体的には、延床面積は、ビル C はビル A の 35%である。延床面積の比率を、表 3.4 に示すビル A の抽出件数に当てはめると、ビル C は 8.75 件と予測していた。しかし、表 3.6 に示すビル C の抽出件数は 17 件であり、予測の約 2 倍の抽出件数があった。この結果から、小規模ビルにおいても、提案方式は有効であると判断できる。

続いて、年度ごとの対策の選択肢については、表 3.4～3.6 に示す通り、各ビルの対策案件数のカッコ内に示した値は、年度ごとに抽出した件数に、前年度以前に抽出し未実施の対策を加えた件数である。例えば、ビル A の 2014 年度は 9 件抽出し、2013 年度に抽出した 3 件の内 2 件を実施し、未実施となった 1 件を加えると、2014 年度はカッコ内に示す通り、10 件の抽出結果がある。2014 年度は 10 件の抽出から、8 件の対策を実施し 2 件が未実施となった。各ビルで該当年度に前年度以前に抽出し未実施を加えた件数の平均件数を確認すると、ビル A では 6.8 件、ビル B では 6.8 件、ビル C では 5.2 件となり、年度ごとに所持している抽出件数が 5.2 件を超える結果となっている。また、表 3.4～3.6 に示す通り、各ビルの該当年度に前年度以前に抽出し未実施を加えた件数の合計の最大件数と最小件数は、ビル A では最大 10 件、最小 3 件、ビル B では最大 8 件、最小 5 件、ビル C では最大 6 件、最小 3 件となっている。これは、各ビルにおいて、提案方式による年度ごとの抽出件数が、2 件以上を抽出しており、実施する対策の検討を行う際の選択肢を提示している。エネルギー管理者は、年度ごとに、決裁者に対策の選択肢を提供し、投資対効果を熟慮した計画的な省エネに貢献していると考える。なお、未実施の対策は、対策の有効性がないなどの理由で未実施となった訳ではなく、限られた予算の有効活用の観点から、次年度

以降に実施が見送られた対策である。また、3.4.1のビルAの評価で示した冷温水二次ポンプの変流量方式の改善事例は、主な原因については、新築時の調整が設計条件によるピーク負荷を想定し、オーバースペックで設定される初期不良によるものであると捉えている。

### 3.5.2. 投資対効果提示サポート機能の有効性に対する考察

3.4の評価結果にもとづき、投資対効果提示機能の有効性について、抽出から実施に至った件数と対策の内訳、省エネ効果（削減効果）と抽出の効果（予測）と実績の差異の2点から考察する。

まず、抽出から実施に至った件数については、表3.4～3.6に示す通り、各ビルの5年間において、提案方式によって抽出した対策案の件数に対し、実際に採用した対策の件数は、ビルAは21件、ビルBは16件、ビルCは13件となった。各ビルの採用率は、ビルAは84.0%、ビルBは72.7%、ビルCは76.5%となり、すべてのビルの平均は77.7%となった。各ビルの年度ごとにおける実施件数の最大と最小は、ビルAでは最大8件で最小2件、ビルBでは最大6件で最小2件、ビルCでは最大4件で最小2件であった。この結果から、提案方式の投資対効果提示サポート機能は、対策実施の採用率は高く、各年度においても複数の対策を実施していることから有効性が高いと言える。また、エネルギー管理者は、決裁者に対し分析結果・根拠、対策の有効性、対策費用を分かり易く説明を実施することができているものと考えられる。

また、実施された対策の内訳に注目すると、ビルAとビルCは、すべての対策が運用改善による効果であった。しかし、ビルBにおいては、運用改善による効果が32kl、設備更新による効果が122klであった。ビルBは、竣工から22年が経過しており、2回目の照明設備更新時期に該当したためである。設備更新

は経済的な理由や設備更新周期など、投資対効果がマッチングすれば大きな削減効果を得ることができる。しかし、省エネ法が規定する年1%以上、または5年で平均1%以上の削減を実現するには、運用改善と設備工事をベストミックスしながら、省エネ活動を推進する必要があると考える。

次に、省エネ効果（削減効果）については、表3.4～3.6に示す通り、すべてのビルで提案方式を導入した2013年度から、2017年度までにエネルギー使用量が削減され、省エネ効果があったことが確認できる。しかし、図3.6に示すようにビルCは、2016年度および2017年度において、年1%以上の削減目標を達成できていない。この原因は2つ考えられる。1つ目の原因は、2015年度に実施した空調機のリモコンでの温度設定変更を禁止し、大幅な設定温度の変更を実施したことによる。その結果、大幅なエネルギー使用の削減に至ったが、急激な温度設定変更は利用者からのクレームを招く結果となった。そのためクレームが多くあった冬場の設定温度を徐々に戻す変更を実施したことにより、2016年度以降は削減量が、横ばいからマイナスとなる結果となっている。この現象は、急激な省エネ対策に対する反動と捉えることができる。このことから、空調機の温度設定については、快適性を損なうことなく、時間を掛け徐々に設定温度を変更する必要があると考える。また、2つ目の原因として、利用者の省エネ意識の低下が挙げられる。省エネ意識の低下の原因は、ビルCは省エネ法に該当していないこと、2011年に発生した震災後の省エネ意識が2016年度以降低下したものと考える。

なお、表3.4～3.6に示す通り、全体効果に示す実績値と提案効果に示す想定値との差異があった。全体効果は実際の実績値であり、提案効果は抽出した対策を実施した場合に、具体的な削減効果を専門家が分析し算出している。全体効果と提案効果の差異は、ビルAで28kl、ビルBで36kl、ビルCで6klであった。

差異が発生した原因は、2つあげられる。1つ目は、提案効果の算出が、その効果を抑える方向で算出している点である。これは実際の効果が提案効果よりも低かった場合、予定していた削減量に届かず、提案内容の信頼性が大きく失われる。そのため、専門家は提案効果を抑えて算出していることが分かった。今後は蓄積されたデータをもとに差異を少なくする仕組みが必要であると考え。2つ目は、対象ビルにおいて、2011年の震災前後に省エネ意識が高まり、利用者が自発的に省エネを意識した行動をとっている点があげられる。このような利用者による意識改革も省エネ活動にとっては必要な行動と考えられるためデータ化を検討する必要がある。

また、従来型のデータで専門家が分析する場合、現地にて設備の稼働状況の把握と BEMS のデータ収集を行い、その後、収集したデータの整理を行った上で、データからエネルギー使用の無駄を抽出し、対策の立案と予測効果と対策費用の算出を行う。その結果をもとにレポートを作成し現地への説明が行われる。これには、20日程度の日数を要する。従来型と比較し、本提案は現地調査および現地への説明を提出するレポートに項目の統一化と、ランキングなどのわかりやすい表示を実装することで、高度な専門知識を有しないサポーターが実施可能としている。また BEMS とネットワークで接続することにより、設備稼働状況の把握と BEMS のデータ収集、データ整理を自動化することにより専門家の作業時間の削減を実現している。これには、これまでの省エネ診断結果をデータベース化し、特異点自動抽出機能および投資対効果提示サポート機能を実装することにより、専門家の分析負荷の軽減を図っている。そのため、4日程度の日数まで低減することが可能となり、従来型のデータで専門家が分析する場合に比べ、75%の削減に至った。本提案の有効性が確認できたと考える。

また、本提案方式では、省エネ診断の結果を蓄積し、センター側で処理する特

異点自動抽出機能を実装することにより、エネルギーの削減効果が見込まれる事象を特異点として抽出でき、投資対効果を提示サポート機能により、投資対効果のある対策が立案できたものとする。このような機能を実装しないスタンダード型の従来型 BEMS では、エネルギー使用量の単なる可視化になってしまい、省エネ対策につながるエネルギー使用の無駄を抽出し、効果的な対策案を検討し、対策費用に対しての回収年を提示するには至らず、省エネ活動が停滞してしまうものとする。

### 3.5.3. 今後の課題

今後の課題として、提案方式の 2 つの機能についてそれぞれ課題を挙げる。特異点自動抽出機能については、ビルが増加すると専門家の負荷が増大することが課題である。シナリオ化されている項目については、トータル実績レポート、および分析レポートは、レポートの作成が自動化されている。しかし、専門家による分析が必要となる項目については、自動化されていない。今後は、これまで蓄積した分析結果をもとに、特異点抽出のシナリオの充実が必要である。次に、投資対効果提示サポート機能は、特異点自動抽出機能と同様に、ビルが増加すると対策の検討、および投資対効果算出の作業により、専門家の負荷が増大することが課題である。今後は、これまで蓄積したビルデータを、機械学習システムなどの導入により、専門家による作業の自動化を検討する必要がある。

## 3.6. まとめ

本稿では、従来方式の BEMS を導入するだけでは超えられない、“省エネバリア”を超え、エネルギー管理者の運用に合致した BEMS 連携型省エネサービス

を提案した。また、提案方式の有効性を確認するために、対象ビルに提案方式を適用し 5 年間にわたって評価を実施し、提案方式の有効性と今後の課題を示した。今後は省エネ意識が低下する中で、今後ますます規制強化が想定されるビルにおいて、省エネ活動の推進に貢献したいと考える。



## 第4章 結論

### 4.1. 研究の目的と位置づけ

ビル管理業界は、1.1.2 で述べた大規模ビルの増加などに後押しされ、堅実な成長を継続しているが、国内の労働人口減少問題によって人手不足が顕在化し、それに伴い若返り、賃金上昇、育成、および専門技術者確保などの課題が深刻化している。また、コスト上昇から経営が厳しい状況から、ロボットによる人手不足解消策や、省エネ活動による競合他社との差別化などに積極的に取り組むことが困難な状況となっている。

そこで、本研究では、ビル管理業界の抱える課題を解消するために、既に多くのビルで導入が進み、ビル管理の業務を行う上で必要不可欠となっている BEMS に着目し、BEMS との連携により、ビル管理業界の効率化、すなわちスマート化を実現することで、課題を解消し、知的な社会活動の拠点であるビルにおいて、社会の変化に対応し、より快適なビルの空間環境を利用者に対し継続して提供することを目的とした。本研究では、ビル管理業界における人手不足解消のために、以下に示す4つの課題を設定した。

#### **【課題1】作業報告書データの分析・活用に関する課題**

ビルの設備管理は、BEMS で検出した警報、利用者からの問い合わせを受信して、その対応を行い、その作業の内容を記録している。記録した内容は、ビルの所有者に対して、日報、月報、年報という形で報告を行っている。しかし、これらの日常的に蓄積したデータは、所有者に対する報告以外で活用されるケースは少ない。本来であれば、記録し

た詳細な対応内容は、設備の異常発生や、テナントなどの利用者からの問い合わせを減少させるために、分析を行い、業務の効率化への活用が望まれている[4][5]。

日報などの報告書データの分析が進まない要因は、ビル設備管理業務の特性に関係する。すなわち、設備の種類が多いこと、ビルごとに設置されるメーカーや機種が異なることにより、設備管理者は、専門性よりも広範囲な知識が必要とされる。高い専門性が要求される設備は、故障の原因や処置などをコード化し分析する手法が報告されている[6]。しかし、様々な設備に対応する設備管理業務では、対応内容を自然文で蓄積しているため、データを分析などに活用することが難しいという課題がある。

## **【課題2】 ノウハウ伝承に関する課題**

大規模ビルの設備管理業務では、夜間や休日にも数名が交代で勤務にあたっている。そのため、問い合わせや警報の発生による対応で得た経験は、個人に蓄積される。すなわち、当日勤務している設備管理者が、経験したことのない問い合わせや、BEMSからの警報が発生した場合、関連する情報を何も持たずに対応しなければならない場合もある。この迅速な対応を迫られる状況において、設備管理者は不足した情報の中で対応をしなくてはならず、何度も必要な工具を取りに行く、不必要な作業をするなど、効率的ではない作業を繰り返してしまう課題がある。

### **【課題3】 エネルギー使用量の無駄を発見できないに関する課題**

エネルギー管理者は、従来からの BEMS によって可視化されたデータから、エネルギー使用の無駄を発見し、省エネ対策の立案が求められる。しかし、ビル運用の変化によるエネルギー使用の変化は比較的小さい場合が多く、複数の設備情報を時系列で確認する必要がある。そこで BEMS のグラフ表示機能を活用するが、限られたグラフ表示では、エネルギー使用の無駄を発見することはできない。そのため BEMS の収集・蓄積されたデータから、表計算ソフトなどを使用して分析を行うが、データ量が膨大となり、データ整理や分析が難しい。このデータを設備故障の自動検知に活用する提案[7][8][9]、および BEMS に蓄積されたデータを分析する方式に係る提案として、省エネルギーの分析に必要となるセンサー情報を大量に収集し、コンテキストを加味したデータマイニングによる手法[10]、BEMS を活用した省エネチューニング手法[11]、BEMS を活用した運用・管理段階における省エネ活動手法[12]が存在する。しかしながら、これらの提案は、省エネルギーに関する専門的な知識を有していることを前提としており、専門的な知識を持ち合わせていないエネルギー管理者への適用は難しいという課題がある。また、BEMS 導入後の次年度以降に、エネルギー使用に対する無駄の発見とその対策の立案を目的に、新たに専門家を導入することは、費用面で困難である。

このように、エネルギーの専門家ではないエネルギー管理者が、エネルギー使用の無駄を発見し、その対策を立案することは難しいという課題がある。

#### **【課題 4】 投資対効果がある省エネ対策を立案できない課題**

エネルギー管理者がエネルギー使用の無駄を発見できた場合、エネルギー管理者は、その無駄を取除く対策を立案し、エネルギーの分析結果・根拠、対策の有効性、投資対効果をまとめた資料を作成する必要がある。特に、対策に必要な費用と削減量の金額換算を算出し、優れた投資対効果を示すことができれば、省エネ対策の実現性は高まる。しかし、従来方式の BEMS には、このような投資対効果を算出する機能や、これらの作業をサポートしてくれる機能がない。設備業者に依頼する方法があるが、設備業者の対応できる範囲は、設備ごとにクローズしてしまうため、ビル全体での投資対効果の算出はできない。つまり、エネルギー管理者は、設備業者が算出した設備ごとの投資対効果をもとに、自ら確認や調整を行い、対策案をまとめる作業を実施することになり、多くの時間と労力を費やしてしまう。この状況において、他の業務と兼任しているエネルギー管理者は、決裁者にエネルギーの分析結果・根拠、対策の有効性、投資対効果を提示しわかりやすく説明することは難しい状況にある。

## **4.2. 研究の成果**

本論文では、4.1 で述べた課題に対して、以下の各章別に結論を示す。

- (1) 第 1 章では、研究背景を示し、本研究の目的と課題を設定した。
- (2) 第 2 章では、【課題 1】作業報告書データの分析・活用に関する課題、および【課題 2】ノウハウ伝承に関する課題に取り組み、ビル設備管理業務において作成される日報データを利活用することにより、ノウハウ伝承と効率化を可能とする方式を提案した。提案方式を採用することにより、日

報データ分析機能では、設備管理者が、BEMS からの警報、ビルの利用者からの問い合わせを受信した時、および対応を行った結果を、従来と同様の自然文にて入力を行うが、単語単位に分割を行うテキストマイニング [7][8]、同義語や類似語の重複を防止するクレンジング、分析を行える形態に分類する機械学習 [9][10] 処理を行い、分析が可能な形態に処理を行う。また、データ利活用機能では、これらの蓄積されたデータを活用し、BEMS からの警報、利用者からの問い合わせなどの対応時に、設備管理者を支えるノウハウ伝承の情報を出力する。また、定期点検時には、あらかじめ設定した点検項目に、ノウハウ伝承の情報として出力する。さらに、所有者に報告する日報として出力を行う。また、分析したデータから、定周期に発生する問い合わせや警報を抽出し、この情報を BEMS に入力を行い、あらかじめ設定した条件を満たすと、BEMS からプリアラームを出力することで、警報や問い合わせが発生する前に計画的な対応を可能とする。このように、本提案方式は、蓄積した情報の利活用を行い、設備管理者の業務をサポートし、ビル管理業務の効率化とノウハウ伝承の方法を示した。

- (3) 第 3 章では、【課題 3】エネルギー使用量の無駄を発見できない課題、および【課題 4】投資対効果がある省エネ対策を立案できない課題に取り組む、特異点自動抽出機能と投資対効果提示サポート機能から構成される BEMS 連携型省エネサービスを提案した。提案方式を採用することにより、特異点自動抽出機能においては、対象ビルのいずれも築 20 年を経過したビルであり、これまでもエネルギー管理者は省エネ活動に取り組んできたが、対策案の抽出に行き詰まりを感じていた。しかし、提案方式を適用

後に、省エネ対策案件数を抽出した結果は、特異点自動抽出機能が有効であったことを示した。また、投資対効果提示サポート機能においては、省エネ対策実施の採用率は高く、各年度においても複数の対策を実施していることから有効性が高く、エネルギー管理者は、決裁者に対し分析結果・根拠、対策の有効性、対策費用を分かり易く説明を実施することができていることを示した。

また、本研究の貢献について以下に述べる。本研究は、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可能なデータを作成し、設備管理者に有効な情報を提供することにより、ビルの設備管理業務の効率化を図る方式について提案し、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実証した。この提案方式は、大規模オフィスビルに限らず、多くのオフィスビルに広く活用することができる。

また、本研究は、省エネ法の改正動向から、省エネ管理者は、省エネ活動に行き詰まりを感じている点に注目をし、**BEMS**を導入するだけでは、エネルギー使用の無駄を発見できない、投資対効果がある対策を立案できない課題を解決するために、**BEMS**と連携したエネルギー使用の無駄を抽出する機能と、投資対効果を提示する機能を実装した省エネサービスを提案し、実際に稼働している大規模、中規模、小規模ビルに適用し、5年間に渡って評価を行った結果をもとに、その有効性について実証した。提案方式は、ビルの規模に限らず、多くのオフィスビルに広く活用することができる。

以上のように、本研究の成果は、ビル管理業界において深刻な課題となっている人手不足、ノウハウの伝承、および競合他社との差別化に必要となる省エネ活動における課題を解消し、知的生産活動の拠点であるオフィスビルにおいて、ビル管理業務の効率化、すなわちスマートを図り、ビルの利用者に対して、より快適な空間環境の提供への取り組みに貢献するものである。

### 4.3 今後の課題

今後の課題として、第2章の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に関しては、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を作成し、その結果を利活用可能な形態とすることで、設備管理者の業務の効率化に取り組んだ。これまで活用することが難しかった設備管理の情報は、ビルの利用者からアンケートなどで収集する情報とは異なり、設備管理者による日報を作成するフィルターを経て、原因や処置が整理されている。すなわち、ビルを利用するヒトの精度が高い情報であると言える。今後は、この情報をさらなる利活用を行い、設備管理者のワークフローを考慮し、BEMSと連携した機能を構築し、ヒトの情報をBEMSのセンサーとして取り込み、BEMSからプレアラームを発生させることで、利用者からの問い合わせが発生する前に、設備管理者が点検などによって計画的に対処する機能の実現に向けて検討する必要があると考えている。また、設備管理業務の効率化と、ノウハウ伝承のために、体系的な管理手法をさらに検討していく必要があると考えている。

また、第3章の“省エネバリア”を超えるBEMS連携型省エネサービスに関しては、提案方式の2つの機能についてそれぞれ課題を挙げる。特異点自動抽出機能については、ビルが増加すると専門家の負荷が増大することが課題であ

る。シナリオ化されている項目については、トータル実績レポート、および分析レポートは、レポートの作成が自動化されている。しかし、専門家による分析が必要となる項目については、自動化されていない。今後は、これまで蓄積した分析結果をもとに、特異点抽出のシナリオの充実が必要である。次に、投資対効果提示サポート機能は、特異点自動抽出機能と同様に、ビルが増加すると対策の検討、および投資対効果算出の作業により、専門家の負荷が増大することが課題である。今後は、これまで蓄積したビルデータを、機械学習システムなどの導入により、専門家による作業の自動化を検討する必要がある。



## 謝辞

末筆ながら、本研究を行うにあたり、数多くの方々にご指導・ご助言をいただきました。ここに、心より深く感謝の意を表します。

特に、日頃から貴重なご指導をいただきました福井工業大学 環境情報学部 経営情報学科 北上眞二教授に心から感謝いたします。北上眞二教授には、福井工業大学大学院 博士後期課程への編入学の際に受け入れていただき、在学中も数多くのご助言をいただきました。

また、三菱電機ビルテクノサービス株式会社 ファシリティ事業本部 北原博史 常務取締役本部長（現 菱サビルウェア取締役社長）、原田正彦 副本部長（現 同取締役本部長）、および事業推進部 藤原将芳部長には、福井工業大学大学院において BEMS にかかわる研究を継続することに深い理解と支援をいただきました。

また、三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 佐藤冬樹 研究員、三菱電機ビルテクノサービス株式会社 ファシリティ事業本部 木村剛維 研究員、佐藤智洋 研究員、遠藤嘉人 研究員には、本研究に関わる実験の遂行において、多くの協力をいただきました。ここで、皆様に心から感謝申し上げさせていただきます。

最後に、会社の仕事をしながら大学院で研究を行いたいという我儘を受け入れてくれると共に、日常生活において健康面、精神面で支えてくれた妻 美恵子と、二人の息子に深く感謝して、本論文を締めくくりたいと思います。

## 発表論文

### 論文

1. 木村 文昭, 木村 剛維, 佐藤 智洋, 佐藤 冬樹, 北上 眞二 : “省エネバリ  
ア” を超える BEMS 連携型省エネサービスの提案, 電気学会論文誌 C,  
Vol. 140 No. 11 (2020)
2. Fumiaki Kimura, Fuyuki Sato, Yoshihito Endo, Takeyuki Kimura, and  
Shinji Kitagami: “Proposal for Method of Efficient Building  
Facility Management linking Human Sense and Information of BEMS” ,  
IWIN2020 Proceedings of International Workshop on Informatics  
(2021)

### 国際会議

1. Fumiaki Kimura, Fuyuki Sato, Yoshihito Endo, Takeyuki Kimura, and  
Shinji Kitagami : “Proposal for Method of Efficient Building  
Facility Management linking Human Sense and Information of BEMS” ,

### 全国大会・部門大会

1. 木村 文昭, 木村 剛維, 佐藤 智洋, 北上 眞二 : “ BEMS を用いた省エネサ  
ービス適用に関する実証評価”, 平成 31 年 電気学会全国大会論文集  
(2019)

2. 木村 文昭, 木村 剛維, 佐藤 智洋, 佐藤 冬樹, 北上 眞二: ““ 省エネバリア” を超える BEMS 連携型省エネサービスの提案”, 2019 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会論文集 (2019)
3. 木村 文昭, 佐藤 冬樹, 木村 剛維, 北上 眞二: “ ヒトの情報をセンシングする方式による”, 情報処理学会 第 82 回全国大会論文集 (2020)
4. 木村文昭, 佐藤冬樹, 遠藤嘉人, 佐藤智洋, 木村剛維, 北上眞二: “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”, 「マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02020) シンポジウム論文集 (2020)

## 参考文献

- [1] ビル管理市場に関する調査を実施（2019年），矢野経済研究所，2019
- [2] オフィスピラミッド2020，ザイマックス不動産総合研究所，2020
- [3] 堀江奈保子：少子高齢化で労働力人口は4割減 労働力率引き上げの鍵を握る働き方改革，みずほ総合研究所，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] M. Yumoto: “Fault Detection based on Information Extraction from Measured Time-series Data in Building Air-conditioning System”，IEEJ, Vol. 135, No. 6, pp.651-659(2015) (in Japanese)  
湯本真樹：「測定値時系列データからの情報抽出にもとづくビル空調システム異常状態検知」，電気学会論文誌C（電子・情報・システム部門誌）IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems Vol.135, No.6, pp. 651-659 (2015)
- [8] M. Yumoto: “Fault Diagnosis of Building Air-Conditioning System Using Expert Knowledge and Feature Extraction”，IEEJ, Vol. 130, No. 11, pp. 1930-1937 (2010) (in Japanese)

- 湯本真樹：「特徴抽出と専門家知識を利用したビル空調システム異常診断」，電気学会論文誌 C（電子・情報・システム部門誌）IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems Vol.130 No.11 pp1930-1937 (2010)
- [9] T. Kawaji, S. Ichinose: “Development of Fault Detection for Heat Supply System for Air Conditioning using Monitoring Energy Data Part1 Determination of Performance Index and Evaluation Criteria” , The Society of Heating (2013) (in Japanese)
- 河路友也，一瀬茂弘：「エネルギー監視データを利用した空調熱源の異常検知システムの開発（第 1 報）評価指標と基準値の決定」，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（2013）
- [10] N. Yabuki, S. Tsukamoto, K. Nakayama, T. Fukuda, T. Michikawa: “Datamining and knowledge for improving energy consumption of buildings” , Japan Society of Civil Engineers, Vol.70, No.2, I\_26-I\_33 (2014)
- 矢吹信義，塚本祥太，中山一希，福田知弘，道川隆士：「建物のエネルギー消費の改善のためのデータマイニング手法と知識システム」，土木学会論文集，Vol. 70, No.2, I\_26-I\_33 (2014)
- [11] M. Terano, T. Miyake, T. Sogo, R. Miyamoto, K. Shinohara: “Energy Saving for Office Buildings with Tuning Method” , THE INSTITUTE OF ELECTRICAL INSTALLATION ENGINEERS OF JAPAN, Vol.28, No.6 (2008)
- 寺野真明，三宅利幸，十河知也，宮本良平，篠原清敏：「ビル設備の省エネルギー効果の品質保証」，電気設備学会誌，Vol.28, No.6 (2008)

- [12] M. Terano, T. Miyake, T. Sogo, R. Miyamoto, K. Shinohara:  
“Energy Saving and CO<sub>2</sub> Reduction at Operating Facilities”, THE  
INSTITUTE OF ELECTRICAL INSTALLATION ENGINEERS OF JAPAN, Vol.26,  
No. 6 (2006)  
小林浩：「運用・管理段階における省エネルギー/CO<sub>2</sub>削減」, 電気設備  
学会誌, Vol. 26, No. 6 (2006)
- [13] 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
- [14] 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).
- [15] 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)
- [16] 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)
- [17] 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)
- [18] 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).
- [19] 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)
- [20] Ministry of Economy, Trade and Industry Agency for Natural  
Resources and Energy & Energy Conservation Center: Outline of

- the revised Energy Conservation Law, p.7 (2010) (in Japanese)  
経済産業省 資源エネルギー庁&財団法人省エネルギーセンター：改正  
省エネ法の概要, p.7 (2010)
- [21] Ministry of Economy, Trade and Industry, Agency for Natural  
Resources and Energy, Energy Conservation Measures Section:  
Revision of the Energy Conservation Law, p.9 (2014) (in  
Japanese)  
経済産業省 資源エネルギー庁・省エネルギー対策課：省エネ法の改正  
について, p.9 (2014)
- [22] C. Murakoshi, T. Watanabe, Y. Akashi, H. Nakagami: “Study on  
the characteristics of ESCO business in Japan” , J. Environ.  
Eng., Vol. 73 No. 624, pp.245–252 (2008) (in Japanese)  
村越千春, 渡辺俊行, 赤司泰義, 中上英俊：「我が国における ESCO 事業  
の特性に関する研究」, 日本建築学会環境系論文集 第 73 巻 第 624 号,  
p. 245–252 (2008)
- [23] K. Fujiwara, S. Sugasaki, Y. Kiguchi : “How office workers use  
air conditioners and energy saving strategies” , The 60th  
Automatic Control Union Lecture (2017) (in Japanese)  
藤原健一, 杉崎智子, 木口行雄：「オフィス空調の使い方分析と省エ  
ネ運用提案」, 第 60 回自動制御連合講演会 (2017)
- [24] K. Aozasa, T. Akimoto, T. Seike, M. Washizaki, H. Ohta: “Study  
on refurbishment utilizing the subsidy system of existing  
building for energy conservation” , AIJ J. Technol. Des. Vol.  
18, No. 39, 627–632 (2012) (in Japanese)

青笹健, 秋元孝之, 清家剛, 鷺崎桃子, 太田仁子 : 「既存建物の補助事業を活用した省エネルギー改修の実態に関する調査研究」, 日本建築学会技術報告集 第 18 巻第 39 号, 627-632 (2012)

- [25] M. Toba, Y. Mori, D. Tashiro: “Proposal of “Knowledge Recommender” the business-knowledge sharing system and its application to building-energy-management service”, Information Processing Society of Japan, Vol.53, No. 1, pp.149-162 (2012) (in Japanese)

鳥羽美奈子, 森靖英, 田代大輔 : 「知識共有型レコメンドシステム “Knowledge Recommender” の提案とビル省エネ管理事業への適用」, 情報処理学会論文誌 Vol.53 No.1, 149-162 (2012)

- [26] W. Shimizu, K. Fujino, H. Sato, T. Ishii, M. Namai, S. Takahashi: “Operation Results for the JP TOWER , a super high-rise office complex building which introduced environmental load reduction technique - Part 4 A summary and utilization report of high-performance BEMS -” , The Society of Heating (2014) (in Japanese)

清水亘, 藤野健治, 佐藤博樹, 石井要憲, 生井政一, 高橋昇平 : 「環境負荷低減技術を導入した超高層オフィス複合ビル (JP タワー) の運転実績 (第 4 報) 高機能 BEMS の概要と活用報告」, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (2014)

- [27] T. Ishikawa: “Energy Management of the High Rise Building and Renewal of BA-system World Trade Center Building in Tokyo” , J. IEIE Jpn, Vol. 29, No. 3, pp.209-215 (2009) (in Japanese)



- 石川敏行：「世界貿易センタービルにおける省エネルギー化の取組みと中央監視設備の更新」，電気設備学会誌，Vol. 29, No. 3, pp.209-215 (2009)
- [28] T. Kawaji, S. Ichinose, T. Iwata, Y. Matsuyama: “Practical study on energy conservation method for existing water thermal storage system Part2 methods and results of operational optimization trial during winter in fiscal 2014” , The Society of Heating (2015) (in Japanese)
- 河路友也，一瀬茂弘，岩田朋大，松山湧紀：「水蓄熱式空調システムの省エネ運用改善手法に関する実践研究（第2報）平成26年度冬期に実施した運用改善の内容と結果」，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（2015）
- [29] Y. Watanabe, Y. Tanaka, K. Ueno: “Building automation system “Facima BA-system”” , Mitsubishi Electric Technical Bulletin, Vol. 83, No. 9 pp. 573-550 (2009) (in Japanese)
- 渡邊啓嗣，田中啓嗣，上野一巳：「三菱ビル設備オープン統合システム “Facima BA-system”」，三菱電機技報，Vol.83, No.9 pp.574-550 (2009)
- [30] F. Kimura. K. Saito: “Supports building energy and cost savings and maintenance and improvement of asset value Opened building management system “Facima BA System”” , Nippon Kogyo Publishing, Clean energy (2010) (in Japanese)
- 木村文昭，齊藤薫：「ビルの省エネ・省コスト，資産価値の維持・向上をサポート オープン化ビル管理システム「ファシーマ BA システム」」

- 日本工業出版, クリーンエネルギー (2010)
- [31] Y. Iino, T. Fujikawa, S. Kaneko: BEMS (Building Energy Management System, IEEJ, Vol. 122, No. 10 (2012) (in Japanese)  
荻田能弘, 飯野穰, 林秀樹: BEMS (ビルエネルギーマネジメントシステム), 電気学会誌, Vol.122, No.10 (2012)
- [32] K. Shimizu, T. Ohya: Research on visualization of power consumption in government office facilities, Ministry of Land, Infrastructure (2009) (in Japanese)  
清水克紀, 大屋隆弘: 官庁施設における電力使用量の見える化に関する調査研究, 国土交通省 (2009)  
<http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h21giken/program/kadai/pdf/shitei/shi1-02.pdf> (2009)
- [33] A. Hara, M. Kitamura: “Optimal control of energy demand BEMS “Smart Building” ”, NEC Technical Journal, Vol. 65, No. 1, pp. 82-88 (2012) (in Japanese)  
原明洋, 北村充弘: 「エネルギー需要を最適に制御する BEMS “スマートビル”」, NEC 技報, Vol. 65, No. 1 pp. 82-88 (2012)
- [34] Ministry of Economy, Trade and Industry, Agency for Natural Resources and Energy, Energy Conservation Measures Division: Relationship between energy saving potential and cost (2015) (in Japanese)  
経済産業省・資源エネルギー庁・省エネルギー対策課: 省エネポテンシャルとコストの関係について (2015)
- [35] O. Kimura: “Energy barriers in the industrial sector” , CRIEPI,

Vol. Y08045, pp. 54 (2009) (in Japanese)

木村宰：「産業部門における省エネルギーの障壁」，電力中央研究所報告，Vol. Y08045, pp.54 (2009)

- [36] K. Mizuno: “The Role of an Intermediary which Makes the Diffusion of Energy Saving in Small and Medium Enterprises” , CEIS, Vol. 26 (2012) (in Japanese)

水野清：「中小企業における省エネルギーの普及にかかる仲介者の役割」，環境情報科学 学術研究論文集，Vol.26 (2012)

- [37] Y. Iino: “CEMS / BEMS technology to realize a smart society” , SICE, Vol.55 (2016) (in Japanese)

飯野譲：スマート社会を実現する CEMS・BEMS の技術，計測自動制御学会 設備と計測，第 55 巻 (2016)

- [38] S. Kitagami: “Energy saving with IoT” , Electrical calculation, Vol. 1155 (2019) (in Japanese)

北上真二：「IoTによる省エネ」，電気計算 通巻 1155 号 (2019)

- [39] Y. Kaneko, S. Kitagami, A. Yasuda, M. Matsushita: “Proposal of office lighting dimming control system corresponding to demand response” , IEEJ, TC5-7 (2012) (in Japanese)

金子洋介，北上真二，安田晃久，松下雅仁：「デマンドレスポンスに対応したオフィス照明聴講制御方式の提案」，平 24 電学 C 大，TC5-7 (2012)