

令和 7 年度厚生労働科学研究費補助金
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
分担研究報告書

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究
清掃に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

研究協力者	正田 浩三	東京美装興業株式会社
研究協力者	深見 盛英	東京美装興業株式会社
研究協力者	川村 典子	東京美装興業株式会社
研究協力者	江本 達哉	東京美装興業株式会社
研究協力者	辻本 彩香	東京美装興業株式会社
研究協力者	杖先 樹里	一般財団法人 建築物管理訓練センター
研究協力者	栢森 聡	株式会社ウィズらぼ
研究協力者	下平 智子	全国ビルメンテナンス協会
研究代表者	阪東 美智子	国立保健医療科学院

研究要旨

本研究では、清掃業務におけるデジタル技術について、①既存研究の整理と情報収集・企業への導入状況の把握、②清掃点検報告システム、③トイレ利用・消耗品計測システム、④アイトラッキングシステムを用いた目視点検の分析、⑤2 機種 of ATP 測定器（キッコーマン製、ニッタ製）の検証を行った。

既存研究については論文・資料のデータベースを作成し収集した論文の検索システムを構築した。また、展示会において清掃ロボットの情報を収集し性能を比較検討した。清掃企業でのデジタル技術の導入については、アンケート調査から、清掃ロボットの導入企業が 8 割程度あった。また、業務の効率化システムとして勤怠管理システムの導入企業が 4 割程度ある一方、「特にない」と答えた企業が 4 分の 1 あった。

また、清掃分野におけるデジタル機器のうち清掃点検報告システムを取り上げ、その有用性を検証した。使用したのは 123 レポーター（クリーンシステム株式会社）で、写真の貼り付け、コメントの音声入力、写真撮影を同時に行うことができる。13 施設に約 8 か月導入した結果、10 施設で作業時間が短縮し、平均 32 分（約 20%）の効率化が確認された。特に、写真添付や情報共有、報告書作成業務の効率化に効果がみられた。多数建築物、大規模建築物等においては、作業が多忙となるため、改良が必要となる面があった。

さらに、デジタル機器の導入によるトイレの清掃の効率化を検証するために、TERAS（テラモト）のセンサー（トイレ利用者数カウンター、トイレ個室利用者数カウンター、トイレトーパー在庫減アラートセンサー、水石鹸在庫減アラートセンサー、ゴミ量アラートセンサー）を用いた実証実験を実施した。データから、1 日のトイレ利用者数、1 か所あたりのトイレ個室利用者数、個室平均滞在時間、トイレ個室利用ピーク時間や水石鹸の補充のタイミング（本調査では 5～7 日間隔で対応が可能と判明）が明らかになった。感覚で捉えていた利用ピーク等が数字で明らかにな

ったことにより、今後の対応に活かせる情報が得られた。一方で、導入コストが課題として挙げられた。

アイトラッキングシステムを使った目視点検のデータ分析からは、どの場所をどのように確認しているのかを「見える化」することで、カメラ等による点検と人による目視との点検内容の違いを具体的に検証できる可能性が示唆された。

ATP 測定では、疑似汚れとしてベビーフード 10 倍希釈液を用い、建材表面、タオル、モップ等の測定条件を検討した。表面が平滑な建材ほど高い ATP 値を示し、凹凸面では低値となった。また、測定者差や繰返し測定誤差が認められ、特に凹凸面でばらつきが大きかった。液用ペンは表面ペンより高値かつ安定した測定結果を示し、タオル・モップ管理への応用可能性が示唆された。さらに、都内複合建築物で ATP 測定を実施した結果、トイレや高頻度接触部位で高値を示した。2 機種間では測定値に大きな差があり、機種間比較は困難であったが、同一機種を継続使用することで汚染傾向の把握に有効であると考えられた。

以上より、デジタル技術は、建築物清掃管理の効率化と衛生管理の高度化に有用であることが示された。

A. 研究目的

建築物衛生管理のうち、清掃分野におけるデジタル技術の活用の可能性を検証することを目的とした。建築物衛生法が求める各種項目において、デジタル技術の活用でその目的の達成が見込まれる技術、機器、ソフトウェア等を抽出するとともに、従来の手法との比較検証等を実施し、適切な維持管理方法の探索とその際の判断基準や留意点を明確化した。

B. 研究方法

B1. 清掃分野における既存研究の整理とデジタル技術の収集及び清掃企業への導入状況調査

清掃関連に関する技術の現状と課題を整理するために、清掃に関する学会論文及び関係機関の成果物を収集しリストを作成した。作成リストに基づき、収集した論文を検索できるシステムを構築した。

また、全国ビルメンテナンス協会主催の 2023～2024 年度ビルメンヒューマンフェアに参加し、展示品資料やデジタル化技術の実施例を収集した。清掃ロボットについては、小型清掃ロボット、中型清掃ロボット、大型清掃ロボットについて機械性能を比較した。

さらに、2025 年 9 月に東京ビルメンテナンス協会の企業会員を対象にデジタル技術の導入の現状についてアンケート調査を行った。

B2. デジタル技術を活用した清掃点検報告書の作成に係る検証

清掃点検報告システムである 123 レポート（クリーンシステム株式会社製）を選定し使用した。清掃会社の実際に使用している清掃点検・報告シートをカスタマイズし、携帯端末にインストールした。既存の 13 建築物の清掃点検（約 8 月間）を行い、前年度の清掃点検・報告書作成に要した時間等と比較した。

使用期間は、2024 年 4 月から 12 月であり、2 名の専任清掃点検者が実施した。点検項目はエントランスやトイレなど共用部を対象に 48 項目とし、13 施設で点検を実施し、導入前後の報告書作成時間を比較した。

B3. デジタル技術を活用したトイレ清掃の効率化に係る検証

2024 年 10 月～12 月に都内にある O 複合建築物で、3 階共用部にある男女トイレの使用人数、トイレ消耗品、個室使用回数・時間、1 階ゴミ箱の回収保管率を測定する。男女トイレに 3 ヶ月に

わたりテラモト製のセンサー（通行量カウンター、マグネットセンサー）を設置し、トイレ清掃の効率化につながる利用者数、個室の利用回数や滞在時間を収集した。またトイレトペーパーホルダー、水石鹸容器、共用部のゴミ箱にもセンサーを設置し、在庫管理や巡回清掃頻度の見直し等への有用性を確かめた。

B4. 熟練作業者の目視による点検作業の分析

現在の目視による点検作業の詳細を確認するため、アイトラッキングシステムを使用し「見える化」を行った。建築物管理訓練センター・全国ビルメンテナンス協会が入居する事務所ビル（全国ビルメンテナンス協会が主催する建築物清掃管理評価資格者講習会の会場で、点検作業の実習の場所としても使われている）において、建築物清掃管理評価資格者（インスペクター）に点検作業を行ってもらい、アイトラッキングシステムでデータを収集した。収集したデータを用いて注視した順番を表現した Scan Path と注視した時間の程度を表現した Heat Map を作成し、作業内容を比較する。また、点検作業中の発語を録音し、視線データと照合することにより、作業内容の補足を行った。

B5. 建築物内清掃作業の ATP 測定器導入の基礎的研究

清掃作業の点検機械として ATP 測定器 2 機種（キッコーマン社ルミテスターA3 とニッタ社ハンドヘルドルミノメーター33S）を用いて、基礎的資料を作成する。測定ペンは、表面測定用と水中測定用の 2 種類を用いる。

まず、実験室において建材や清掃用具の測定を行う。汚れとしてベビーフードの 10 倍希釈液を選定し、建材として表面仕上げの異なる 3 種類の亚克力板を用いる。また、清掃用具としてタオルとモップの汚れを測定する方法を検討し実測を行う。測定は 2026 年 2 月に実施した。

さらに、都内の特定建築物において、清掃前後の測定を行う。測定場所は男女トイレと清掃倉庫・用具とし、測定は 2026 年 1 月に実施した。

C. 研究結果

C1. 清掃分野における既存研究の整理とデジタル技術の収集及び清掃企業への導入状況調査

C1.1. 清掃分野に関する既往研究の整理

清掃に関する調査・研究論文は、1950 年から 2025 年までの 346 編となる。収集論文の関係学会は、日本建築衛生管理教育センター、日本建築学会、日本環境管理学会が主であり、その他収集できた発表・報告論文をリスト化した。対象となる建築物の内訳は、建築物室内関連 79%、建築物外装関連 15%、住宅関連 6%であった。内容により分類すると、汚れ関連 39%、安全・健康 16%、清掃用具の発塵・発生量・拡散 15%、清掃品質評価 11%、清掃方法・汚れ除去 7%であった。これらを（一財）建築物管理訓練センターの HP に専用サイトを WEB 公開した。

(<https://bmtc.libra.lw-cloud.jp/#/home>)

C1.2 清掃分野におけるデジタル技術の収集整理

J-STGE、J-dreamⅢ、メディカルオンラインや、ネット記事から、「デジタル・AI・ロボット・オート・自動・IoT・センサー」と「清掃」をキーワードとして検索した結果、計 184 本の記事を収集した。主要な記事は、清掃ロボットに関するものが多かった。

2023 年度ビルメンヒューマンフェアにおいて収集したデジタル機器・ツールは、作業管理ツールと清掃状況管理報告作成ツール、報告書作成ツールの 3 種に分類できた。

2025 年度のビルメンヒューマンフェアではロボット・センサーが多く出展されていた。出展された、清掃ロボットは、小型タイプ 8 台、中型タイプ 15 台（吸塵タイプ 9 台、洗浄タイプ 6 台）、大型タイプ 18 台（吸塵タイプ 7 台、洗浄タイプ 11 台）、外壁清掃タイプ 3 台、トイレ大便器清掃タイプ 2 台であった。

C1.3 清掃分野におけるデジタル技術の収集整理

全国ビルメンテナンス協会が実施した 2023 年度建築物清掃管理評価資格者講習の受講者アンケート結果（回答者数 450 人）では、インスペクシ

ョンに使用している機器として、「光度計」35 (24.3%)、「ブラックライト」25 (17.4%)、「ATP測定器・ルミテスター」24 (16.7%) が上位を占めた。「作業管理アプリ・自社開発アプリ」を使用しているとの回答が5件 (3.5%) あった。

東京ビルメンテナンス協会の建物清掃調査委員会のメンバーに2025年9月に清掃委員会の企業を対象としたアンケート調査(34社)では、清掃ロボットを導入している企業は、80%であり、その内、10台以内が78%、20台以上は、14%であった。導入建築物は、事務所建築物が50%で最も多く、次に、商業施設25%、病院16%の結果であった。業務の効率化システムとしては、勤怠管理システムが43%と最も多く、報告作成システム12%、作業スケジュール管理システム11の順であった。しかし、特にないと答えた企業も25%あった。

C2. デジタル技術を活用した清掃点検報告書の作成に係る検証

全国ビルメンテナンス協会の清掃点検資格者による事務所建築物約750件の点検報告書の内容から建築物の特徴を調べた。建物の延床面積は10,000㎡未満が65%であり、うち清掃作業面積は6,000㎡以下が大部分であった。大規模ビルは1社単独で清掃作業を受託することは少なく、複数のビル管理会社で分担して作業を実施することが影響している可能性がある。点検評価シートに記載された得点について、全国ビルメンテナンス協会のインスペクター制度の評価を参照すると、標準以上のビルが16%、標準が68%、標準未満が16%であった。総合点に影響を及ぼす場所ごとの得点は、トイレ、事務室、湯沸室、階段の順に相関が高かった。

「123 レポーター」による検証結果は以下のとおりであった。このデジタルツールは写真取込みやデータ転送ができる仕組みになっており、点検項目はカスタマイズを行った。2名で使用したが人による使用感に大きな違いはなかった。従来の方法よりも時間が短縮した施設は13施設中10施設、短縮時間は10分から130分で、平均32

分であった。3施設は変化がなかった。現場による時間短縮はほぼ同じであったが、会社での事務処理の効率化が大きかった。平均すると20%の時間短縮につながった。現場で音声録音しているので、再確認が容易であり間違いが少なくなった。また、関係者との情報共有、前回清掃点検結果との比較が簡単にできるようになった。

C3. デジタル技術を活用したトイレ清掃の効率化に係る検証

10月の1日あたりの時間ごとの平均使用人数は、朝8時から夕方18時までが多く、女性の利用人数より男性の利用人数が多かった。男性の場合は、手前個室が奥の個室より利用者が多かった。女性の場合は、奥が最も多く、その次に、真ん中、手前の順であった。曜日別1日当たりの利用者数をみると、土日の利用者が少なかった。土日は、事務所フロアの会社が休みであり、レストラン、ショッピング等の共用部の利用者に限られていた。

次に、3か月間のトイレ個室利用回数と利用時間の関係を見ると、女子トイレの平均滞在時間は、2分12秒であり、男子トイレは、5分40秒であった。また、30分を超える個室利用者は、女性トイレ5人/月、男子トイレ22人/月であり、男性が多かった。

トイレ消耗品のトイレトーパーの補充回数をみると、女子トイレでは奥の個室(46ロール)が最も多く、次に手前(45ロール)、中(36ロール)の順であった。男子トイレでは、奥の個室(33ロール)が多く、次に手前の個室(20ロール)であった。石鹼の補充では、4Lの容器に、1回の補充で2Lを補充するが、女子トイレは14回の補充で、男子トイレは32回の補充であった。

ゴミ保管率については、もえるゴミでは、保管率の平均が70%、かん・びん・ペットボトルの保管率は平均が18%であった。もえるゴミは、袋、紙ゴミ等のかさばるゴミであり高い値が継続していた。かん・びん・ペットボトルゴミは、重量があり下に貯まるため低い保管率を示した。

C4. 熟練作業者の目視による点検作業の分析

アイトラッカーによる視線データ及び点検中の発語記録から、点検は全国ビルメンテナンス協会が実施している建築物清掃管理評価資格者講習で使用される「作業品質シート」の内容に準じて行われており、各場所においてポイントとなる箇所を重点的にくまなく点検していることが明らかになった。

点検作業中のアイトラッカーによる撮影動画は、教材として活用できるように字幕を入れて編集した。

C5. 建築物内清掃作業の ATP 測定器導入の基礎的研究

C5.1. 表面仕上げが異なる 3 種類のアクリル板の ATP 値

表面仕上げが異なる 3 種類のアクリル板に同一の汚れを塗付して測定を行った。つるつるの建材が最も値が大きく、小さな凹凸のある建材、大きな凹凸のある建材はあまり差が出なかった。キッコーマンでの建材の凹凸の違いでは、1・2 回の平均でつるつる建材を 100%とした時、小さな凹凸 54%、大きな凹凸 53%であった。ニッタでは、つるつる建材を 100%としたとき、小さな凹凸 30%、大きな凹凸 40%であり、凹凸の大きさによる違いは明確ではなかった。

キッコーマンとニッタの比較では、キッコーマンの値をニッタの値で除した時、つるつる建材 23.6 倍、小さな凹凸 43 倍、大きな凹凸 31.8 倍となり、23 倍～43 倍の結果となった。

同じ場所の 1 回目と二回目の測定の差は、キッコーマンで、つるつる建材 2%の減少、小さな凹凸建材 20%の減少、大きな凹凸 55%の減少であり、ニッタでは、つるつる建材 19%の減少であるが、小さな凹凸、大きな凹凸では、逆に増加した。

C5.2 タオルの ATP 測定結果

10cm×10cm に切断したタオルの測定では、キッコーマンとニッタの数値の違いは 1.9 倍で キッコーマンの値が大きい結果となった。

同様の手順により 1 枚タオルの ATP 値を測定すると、キッコーマンでは、10 倍希釈液(7842RLU)をタオルに加えた後の液ペン値(4182RLU: 10 倍

液の 53%)、表面ペン値(1772RLU: 液ペン値の 42%)であった。ニッタでは、10 倍希釈液(683RLU)をタオルに加えた後の液晶ペン値(1319RLU: 液晶値の 193%)、表面ペン値(113RLU: 液晶ペンの 9%)であり、異なった傾向を示した。

C5.3. モップ房の ATP 測定結果

モップ房表面を表面ペンで測定した結果は、キッコーマンでは、10 倍希釈液(73913RLU)をモップ房に加えた後の液ペン値(14100RLU: 10 倍液の 19%)、表面ペン値(4440RLU: 液ペン値の 31%)であった。ニッタでは、10 倍希釈液(5528RLU)をモップ房に加えた後の液晶ペン値(2022RLU: 10 倍液の 37%)、表面ペン値(814RLU: 液晶ペンの 40%)であった。

C5.4. O 建築物における ATP 測定報告

キッコーマンとニッタの 2 機種で測定値に大きな差があった。同じ機種でも測定場所により差が出た。キッコーマン測定器の結果で 5000RLU 以上を示した箇所の内うち、最も多かったのはトイレ内ジェットタオル横壁(67083RLU)、トイレ内ゴミ箱蓋(51924RLU)、トイレ内ジェットタオル上面(44860RLU)、トイレ内ジェットタオル前面床(28099RLU)であった。資機材倉庫では、資機材倉庫床が最も高く 2000RLU 以上を示し、コレクター押し手(8861RLU)、アップライトバキューム持ち(7717RLU)、ポット型バキューム持ち手(5667RLU)で測定値が高かった。

タオル、モップの測定結果からは、清掃前はきれいであり、清掃後が汚れていることが確認できた。

キッコーマン測定器とニッタ測定器の関係は、ばらばらであった。

清掃前と清掃後の比較では、清掃すると全体平均で 56%の汚れが除去されていた。キッコーマン測定器とニッタ測定値の数値は、平均でキッコーマン値が 132 倍高くなった。

D. 考察

建築物衛生法及び関連通知では、定期的な清掃、点検、機械器具の維持管理等が求められているものの、点検作業の具体的な方法や評価手法は十分

に標準化されていない。現状では、全国ビルメンテナンス協会の建築物清掃管理評価資格者制度が存在するものの、点検様式や評価方法は企業や顧客ごとに異なり、評価の客観性や統一性に課題がある。本研究では、アイトラッキング技術を活用して熟練者の点検行動を可視化し、点検工程や着眼点の分析を試みた。その結果、点検作業の詳細な検証や標準化に向けた基礎的知見が得られた。

また、清掃業務におけるデジタル技術の導入状況を調査した結果、清掃ロボットの普及は進みつつある一方で、点検業務や品質管理に関するデジタル化は限定的であることが明らかとなった。アンケート調査では約 8 割の企業が清掃ロボットを導入していたが、その他の業務効率化システムについては導入率が低く、約 4 分の 1 の企業がデジタル技術を特に導入していなかった。清掃ロボットについては、大型機種ほど清掃効率が高く、導入効果が期待される一方、建築物の特性に応じた運用方法や実績の蓄積が今後の課題であることが示された。

清掃点検報告書作成システムについては、実際の清掃現場で導入実験を行った。13 施設中 10 施設で作業時間が短縮し、平均 32 分の削減効果が確認された。特に事務処理の効率化や情報共有の容易さが大きな利点であり、多様な報告様式への対応や大規模施設向けのシステム開発が今後の課題として挙げられた。

トイレ管理においては、利用者数や個室利用状況、消耗品使用量を計測するセンサーシステムを導入した。利用ピーク時間や利用頻度の高い個室を定量的に把握でき、従来経験的に認識されていた利用傾向を客観的なデータとして示すことができた。さらに、利用者数や滞在時間等の情報を活用することで、清掃頻度や人員配置の最適化に資する可能性が示された。一方で、導入コストが高く、継続運用における費用負担が課題であることから、短期間の測定による傾向把握が実務的であると考えられた。

さらに、清掃品質の客観的評価手法として ATP 測定の有効性について検討した。異なる測定器や測定方法、建材表面の性状、清掃用具を対象とし

た基礎実験および実建築物での測定を実施した結果、清掃前後の汚れの変化を定量的に把握できることが確認された。一方で、測定器メーカー間では測定原理や基準が異なるため数値の直接比較は困難であり、同一機種を継続的に用いて傾向を把握することが重要であることが明らかとなった。また、測定者や測定面の凹凸によるばらつきも確認され、運用に際しては測定手順の標準化や教育訓練が必要であることが示された。

E. 結論

3 か年にわたり段階的に検証を進めてきた。

令和 5 年度は、清掃に関する既往研究やデジタル機器の動向を調査し、導入が比較的容易な清掃点検報告システムに着目して、デジタル化された点検報告書様式を試作した。また、トイレ清掃の維持管理状況を把握するための各種センサーの活用方法について実証実験の計画を検討した。さらに、アイトラッキングシステムを用いた目視点検の分析から、作業者がどこをどのように確認しているかを可視化できる可能性が示され、人による点検とカメラ等による自動点検との違いを検証する基盤が整えられた。

令和 6 年度は、清掃点検報告システムを実際の建築物の清掃点検業務に導入し、従来の紙媒体による報告方法との比較検証を行った。その結果、報告書作成時間の短縮、業務効率の向上、入力ミスの減少などの効果が確認された。一方で、現場や顧客の要望に応じたシステムのカスタマイズや管理機能の充実が課題として明らかになった。また、トイレ利用状況や消耗品の使用状況を把握する各種センサーについては、従来作業員の経験や感覚に依存していた情報を定量化できることが確認され、効率的な清掃計画への活用可能性が示された。

令和 7 年度は、これまでの成果を踏まえ、清掃ロボットや清掃点検報告システムなどのデジタル技術が清掃業務の効率化に有効であることが確認された。特に清掃点検報告システムは、現場作業だけでなく事務処理の効率化や情報共有の促進にも寄与することが明らかとなった。また、トイレ

利用状況や消耗品管理システムは需要に応じた清掃計画の高度化に有効である一方、導入コストが普及に向けた課題として残された。さらに、ATP測定を用いた清掃品質評価について検討した結果、客観的な品質管理手法として有用であるものの、測定機器や測定条件による影響が大きく、異なる機種間での直接比較は困難であることが判明した。そのため、同一機種による継続的な測定と基準設定を行い、建築物ごとの汚れの傾向把握や品質管理に活用する必要性が示された。

以上より、清掃分野におけるデジタル化は業務効率化や情報共有、清掃品質管理の高度化に大きく寄与することが確認された。一方で、導入コストやシステムの柔軟性、評価手法の標準化といった課題も明らかとなった。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 杖先壽里、正田浩三、栢森聡、阪東美智子：清掃に関するデジタル化技術の適用課題の検討。第 52 回建築物環境衛生管理全国大会；2025.1.23-24；東京。同抄録集。p.88-89。
- 2) 杖先壽里、正田浩三、阪東美智子：清掃に関するデジタル化技術の適用課題の検討（その 2）、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P56-57、2026 年 1 月
- 3) 渡辺貴之、杖先壽里、正田浩三：清掃管理業務に関する調査論文の収集・データベース化、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P58-59、2026 年 1 月
- 4) 清掃現場における人手不足に関する調査（作業効率化・機器等の導入）：公益社団法人東京ビルメンテナンス協会 建築物衛生管理委員会 調査研究小委員会、2026 年 3 月

3. 著書

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

- 1) 入力支援アプリ／ツール「1,2,3Reporter」：クリーンシステム(株)、<https://123reporter.bc-ol.com>
- 2) ゴミ箱可視化（ゴミ体積状況、アラート機能）、トイレ空き状況、トイレトッパーパー残量、トイレ行列人数計測：テラモト(株)、<http:t-teras.jp/service>
- 3) 杖先樹里、正田浩三、阪東美智子：清掃に関するデジタル化技術の適用課題の検討、第 52 回建築物環境衛生管理全国大会、P86-87、公益財団法人 日本建築衛生管理教育センター、2025.1
- 4) 杖先樹里、正田浩三、阪東美智子：清掃に関するデジタル化技術の適用課題の検討（その 2）、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P56-57、公益財団法人 日本建築衛生管理教育センター、2026.1
- 5) ATP 検査について（環境基準値の設定）、ニッタ株式会社ホームページ、<https://nitta-monitoring.com/sanitary/atp/standard-value/>
- 6) 高頻度接触面の衛生管理/ATP 拭取り検査、キッコーマンバイオケミファ、https://biochemifa.kikkoman.co.jp/kit/atp/article/article_detail_23/