

清掃ロボットの実証実験 報告書

平成30年3月



公益社団法人東京ビルメンテナンス協会

はじめに

平素は、当協会の事業にご理解とご協力を賜り、厚く御礼申し上げます。

昨今、少子高齢化の影響を受けて、製造業を含めたその他産業では「労働力（人手）不足」が叫ばれておりますが、私たちビルメンテナンス業（清掃業）も例外ではなく、採用担当者から「募集広告を掲載しても中々人が集まらない」という多くの声が聞こえています。又、都内では、2020年東京オリンピック・パラリンピック開催に向けて、大型ビルの建設ラッシュが続くと予測されている中で、この「労働力不足」は今後長期化することが懸念されております。

この状況下において各社では、事業規模の維持や拡大に向けて、様々な工夫や手法を講じられ、この難局に立ち向かわれているところだと推察されます。

最近増加している「外国人雇用の活用」も一つであり、東京オリンピックに向けて、その活用が期待される「清掃ロボット」も、そうであると考えます。

一方、経済産業省のロボット導入促進の為のシステムインテグラー育成事業において、ビルメンテナンスロボット普及促進センタープロジェクトが採択されたことに伴い、昨年末、都内でこのセンターがオープンし、ビルメン企業へのロボット導入普及促進を図る動きも出てきております。

当協会としては、取巻く環境の背景を鑑み、「労働力不足」という大きな問題を少しでも和らげる有効策を探求していくことが、求められている使命と考え、当委員会として、この課題緩和に向けた、実効性ある情報を集めるべく「清掃ロボット活用」にスポットを当てた実証実験をビルメンテナンス会館で行なってまいりました。

今回の実証実験は、現状の清掃ロボットがどのような性能を持っているのかを調べるのが主目的ではありますが、ロボット単独作業の場合や2機種 of ロボットによるコラボレーション作業の可能性等々について検証しております。

この様に、現在の清掃ロボットの清掃力評価を行い、多少でも現場での運用の一助になればと考えております。

最後になりましたが、今回ご協力いただきましたメーカー各社には、心より感謝申し上げます。

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
委員長 野口 博行

検証要旨

清掃ロボットの導入は、人手不足の現状において、今後ますます増えると考えられる。清掃ロボットの特徴を理解することにより単純作業としては、人と同様な作業能力を示している。

今回は、床用の30kg台の機器を中心に検証を行った。マッピングのやりやすさや、トラブル時の運用方法など、かなり専門の知識が必要となることが判り、現場で誰でも運用できるものではない部分があるが、選任担当者を置くことにより十分役立つと考える。

人との作業時間では、清掃ロボット（アマノ、フィグラ）が、塩ビタイルで、1.5倍、カーペットで、2倍多くかかった。

また、ロボット導入についての現場アンケートをとるとほぼ慎重派と積極派に分かれる。どちらにも共通しているのは「清掃の一部をどれだけ安心してまかせられるか」と「人手不足の中でかえって手のかかるものでは意味がない」との意見である。もう一つはビルオーナーの許可をいかに取るかが課題であることを確認した。逆に、ビルオーナーより積極的な導入依頼の意見もあった。

ロボットについてはハード面とソフト面が格段に進歩しているが、清掃ロボットに対する使用者側の意見があまり反映されているようには思えない部分が多い。このことは、使用者側が、過度の期待を清掃ロボットに持っているためといえる。現状は、壁際の10cmの清掃は不可能であることを理解して使用することが必要である。

清掃ロボット、特に床清掃に従事するロボットの清掃能力を検証するに当たり、ビルメンテナンス側から、今一度提唱したい部分があった。

①清掃は単純な作業の積み重ねではない。

（特に外部の方々に清掃は単純作業との誤解が多い）

②ロボットは清掃資機材のひとつであり清掃従事者が使いこなすものである。

清掃ロボットの開発は、メーカー側だけでなく、もっと使用者側の意見も反映させる必要がある。これはビルメンテナンス側からのアクセスも足りなかったともいえる。今後のロボットの開発には双方の協力が必要である。

以上

目 次

自律型清掃ロボットの実証実験について	1
1. 目的	
2. 検証内容及び作業記録	
3. 検証結果のまとめ	
4. おわりに	
5. 追加項目：清掃ロボットの歴史	
6. 謝辞	
7. 参考文献	
現場従事者からの意見	13
清掃ロボットデモンストレーションにおけるロボットの評価	14
実験風景写真	20

自律型清掃ロボットの実証実験について

調査研究小委員会

1. 目的

今回は、2017年の時点での清掃ロボットと呼ばれている、業務用の機器に焦点を当て、現場からの実用化への意見も含め検証とした。

清掃業界は、慢性的な人手不足を唱えている点では30年前と同様である。

このような状況から、2017年度の東京ビルメンテナンス協会の『建築物衛生管理委員会』の「調査研究小委員会」において、清掃ロボットの実証実験を行うこととなった。期間は、2017年7月から11月まで、5か月間、ビルメンテナンス会館において数種類の清掃ロボットの現状における性能検証を行った。「清掃ロボットの現状の確認」を調べるのが主な目的である。現在の清掃ロボットの清掃力評価を行い、現場での運用の一助になればと考えている。

2. 検証内容及び作業記録

今回の検証内容及び作業記録を以下に述べる。

- 2.1 機種を選定
- 2.2 検証場所
- 2.3 人工との比較
- 2.4 センサ (sensor) の特長
- 2.5 マッピング (mapping)
- 2.6 ごみの回収
- 2.7 立面の清掃ロボット；窓清掃ロボッ

トの検証

- 2.8 コラボレーション (collaboration)

2.1 機種を選定

選定機種は、床用が3機種、窓用が1機種となる。メーカーと機種は以下に示す。

表01 選定機種

アマノ	RcDC	ドライ
フィグラ	F.ROBO CLEAN	ドライ
マキタ	RoBoPRO	ドライ
セールス・オンデマンド	windowmate	ガラス

(カタログ値はP14～P17参照)

選定4機種は、1990年代の機種と異なり、30kgから10kg前後 (RoBoPROで8kg以下) であり、カーペット床の運用にも支障がない重量である。

マキタのRoBoPROのみは家庭用のセンサ情報重視型掃除機で、バッテリー (battery) も同社共通のものを使用し、値段も家庭用に近い物である。これは他の2台とはスペックが異なるが、業務用で実績があるため今回選出した。アマノ、フィグラ、マキタの3機種はドライ (dry) タイプの汚れ専用である。

それ以外で、大型の3機種の床用ロボットも選定したが (表02)、実証までには至らず、実動見学とカタログの比較とした。これらは、おもにウェット (wet) タイプで、

値段、重量含め、前述の機種よりかなり大型のものである。これらはカタログ数値を提示している。

表 02 選定機種

シーバイエス	AEROBOT 1850	ドライ
中西金属工業	ROBO Cleaper	ウエット
日本信号	CLINABO	ウエット

(カタログ値は P18～P19 参照)

現場管理をしている清掃会社の協力も得て、塩ビ系床と繊維床での実証と、什器備品の有無、扉の解放及びエレベーター移動時の能力も検証した。コンパクトで小回りが利く、30 kg 以下の重量のマキタの RoBoPRO、アマノの RcDC、フィグラの F.ROBO CLEAN のドライバキュームタイプの 3 機種を検証の中心とした。

中でも RcDC は検証期間が長かったことから、(30kg台の中での今回運用実験期間が最も長い3か月間)、段差や、他機種とのコラボレーションを含むテストを行った。

2.2 検証場所

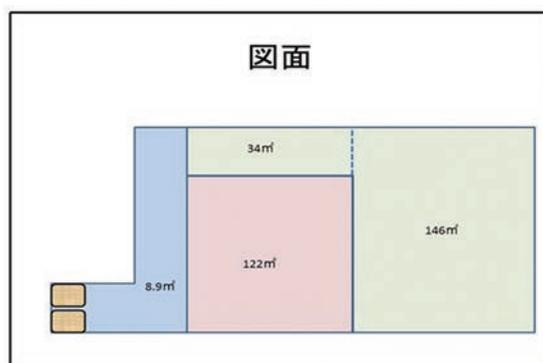
今回、3社の床用の清掃ロボットの検証場所として、地下1階から地上5階建ての延床約3000㎡の西日暮里のビルメンテナンス会館を選定した。

自動床洗浄機や大型の清掃機器の導入には、建築物のバリアフリーが前提だといわれる。

ドライ清掃の仕上がりも床の施工に左右される。

実際にドライ管理も行われている段差の少ないビルメンテナンス会館でも、カーペット床のコードや段差や障害物の影響度合、またごみの回収量、そしてセンサ

(sensor) の性能も比較した。



検証場所の面積

2.3 人工との比較

ビルメンテナンス会館の4階の場所は全フロアがタイルカーペット、2～3階は塩ビ系タイルである。専用部室内では什器を壁側に寄せた状態で、共用部は備品(消火器等)を設置して人との作業時間比較を行った(図01)。

(塩化ビニール床はロボットの場合は除塵のみの時間、人は除塵+水拭きの合計時間である。水拭きは人の手でいった)

人工との作業比較では、単純に約1.5倍から、2倍多くかかる結果となった。この時点でRcDCとF.ROBO CLEANには作業時間の差がなかった。(図01)

表 03 対象作業面積

場所	㎡		階
専用部	カーペット	268㎡	4F
	塩ビ床	302㎡	2F
共用部	カーペット	43㎡	4F
	塩ビ床	9㎡	2F

RoBoPROは動作環境が異なるため、作業面積における清掃時間は算出してない。

これらの結果はあくまで、ビルメンテナンス会館のみの作業であり、作業面積等が変わると比率は変化するものと思われる。
(ビルメンテナンス会館延床 3000㎡)

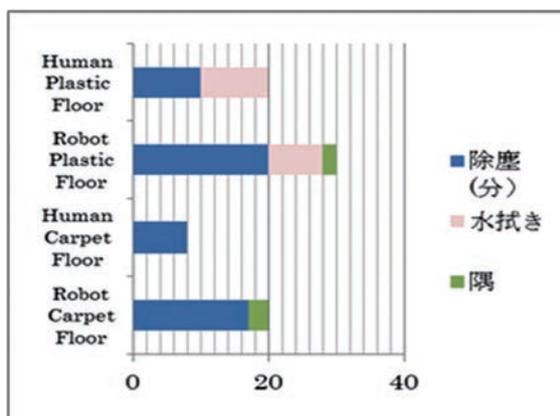


図 01 人工とロボットの作業時間の比較



ロボットの作業面積が増えると、稼働時間に比例して管理者の手が空き、トイレ等他の作業に専念出来ることになるが、そのためにはロボットが作業中に何らかのトラブルで止まった場合、どのようにして管理者と連絡するかも重要である。(オプションではメール等で知らせるものもある)

ロボットの実働時間が長いほど作業者が、他の作業ができることになるが、作業者が他の作業(たとえばトイレ清掃作業)に入っているときに、機械が停止してしまった場合、どこまでやったか、また止まっ



た理由が判明しないなどの信頼性に係ること、他の清掃作業スケジュールに支障をきたすことがあるため、停止の理由を即座に知る必要がある。

このため、車載用のドライブレコーダーが取り付けられるものもあるが、分析に時間がかかる。タブレット上でどこまで作業したかわかる機種もある。(RcDCはマップに清掃箇所が航跡として記録されるが、記録の保存は手動で行う必要がある)

今回の、RcDCとF.ROBO CLEANの2台に関してはマッピング方法の差こそあれ、稼働中は移動するもの(人間)への接触などの一時的な停止はあったが、清掃作業に問題はなかった。ただし、ロボット自身、作業中に自己位置の確認にとまどり、稼働に時間がかかる例があった。

(F.ROBO CLEAN)

また、マッピング後に、スタート位置のずれが原因で動作が中断した例もあった。
(RcDC)

2.4 センサ (sensor) の特長

ロボットの感覚にあたる部分で、現在使われているセンサは、レーザ (laser)、超音波、LED、接触センサ (bumper sensor)

などで、これがロボットの感覚にあたる。他にジャイロや車輪の走行を利用して距離を測定する方法もあり、まっすぐ走ることも含め正確な走行を手助けしている。センサは作業位置確認に必要な機能であるためその性能が重要となる。

現在床用ロボットは自己位置確認のために、周囲の壁や柱をあらかじめ覚え、作業中も都度確認を行う。GPSは使用していない。前述の通り什器の位置等、周囲の環境が変化すると自位置の確認に手間取ることがある。(GPS採用に関しては、諸説あり、精度の問題もあるが、室内用の機器のコスト高の問題もあるようである)



各種センサにはそれぞれ長所と短所があり、レーザセンサの場合は、レーザ光が透過する素材に対しては作動しない、この欠点を補うために他のセンサ、たとえば超音波センサも並行して設置している機種もある。

現在販売されている清掃ロボットは各種センサを使用して、マッピングから、衝突防止や自己位置の確認を行う。

レーザセンサは2Dタイプが主流の様であるが、将来は警備ロボットで検討されるような3Dタイプのレンジセンサやカメラ

も有効と思われるが、現在清掃ロボットには採用されていない。

2.4.1 センサ (sensor) の考察

RcDCは2Dレーザセンサを地上から数十センチで水平に240°広範囲で使用しているため壁や柱の認識は高いが、センサの範囲外の椅子のような径の細いものに対しては、ロボット自身は認識できず、衝突してしまう。接触センサで初めて停止がかかる。超音波センサを使用しているF.ROBO CLEANについては、パイプ椅子等は認識できるが、紙袋等が床に立っていた場合、センサの位置によっては検出ができない場合もあった。

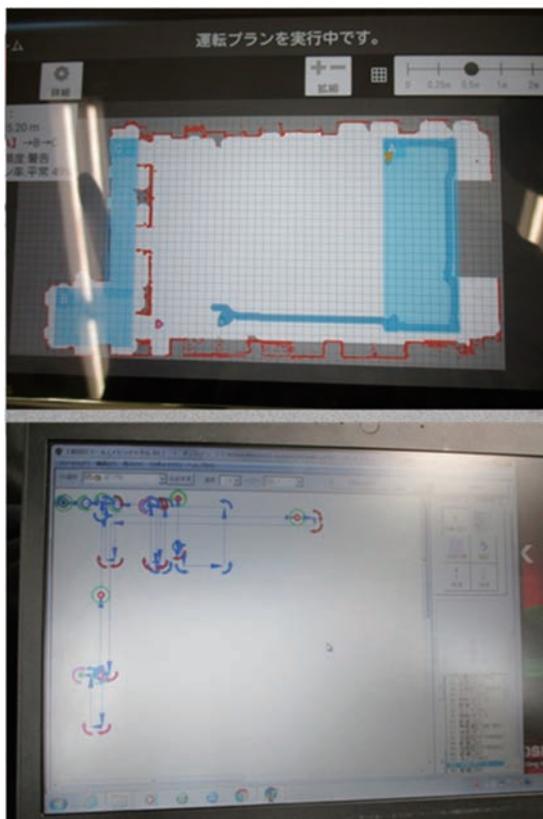
床用のロボットは従来のものより軽量化されてはいる。ただしスピードが上がっているときは(ホワイトボードや椅子が清掃範囲におかれた場合)接触センサのみに頼る形になるため、耐衝撃等の注意が必要となる。什器の移動など、あらかじめロボットが清掃しやすい環境の維持も運用条件の一つになる。

各メーカーとも複数のセンサや、数を増やして、衝突防止を図っているが、コストと小型化で、センサの数にも限界はある。ただし、大型の3機種(表02)は椅子等の足でもほとんどは認識可能であり、衝突回避能力が高いものが多かった。(これらの大型機種は30kg台のものとは比べると価格が倍以上となる)

2.5 マッピング (mapping)

RcDCはマッピングの際、部屋の幅と大きさが判るように縦横手動で操作して、部屋の間取りを決め、詳細はタブレットで什器や柱をよけるように指示を入力する。

この機種に関しては今回唯一マッピングを作業側で行い、運用検証を行った。



F.ROBO CLEANはPCにて作業側自身が移動方向と距離を入力して清掃コースを作成している。他の3台の大型ロボットにおいては、デモンストレーションの時間が短かったためマッピングはメーカー側が行い、動作を見学するかたちとなった。

RoBoPROは家庭用のRoombaのように、数種類のパターン走行とランダム走行の切り替えと、バンパセンサ等の組み合わせで部屋の中を移動する。当然重複する箇所は発生する。RoBoPROはタブレットによるマッピング無しでも稼働できるセンサ重視型である。前者は事前に与えられた領域の作業を行うものであり、業務用に多い。後者は家庭用に多くみられる。

2.6 ごみの回収

F.ROBO CLEANの方がRcDCよりも回収の点で上であった。この機種は吸い口が上下して、作業以外では床面に接していない。RoBoPROは他の機種が不得意なシュレッダー等の粗めのごみ回収には強く、手動のスイーパー以上の回収力があつた。



汚れは、おがくず、クリップや粗めに裁断した紙を使用した。それぞれ塩ビとカーペットで清掃比較を行った(表04)。

ロボットの性能よりは3機種の吸い口の違いが回収力に影響したと考えられる。

検証結果は、RcDC、F.ROBO CLEAN、RoBoPROの3台で、粗ごみの回収に問題があつた。

各機種とも、当然粗ごみだけでなく細かい土砂の回収も行った。シュレッダーやク



表 04 ゴみの回収比較

機種	シュレッダーゴミ	クリップ
F.ROBO CLEAN	可	一部可
RcDC	粗めのものは不可	不可
RoBoPRO	可	一部可

リップごみの形状にもよるが、吸い口がごみの大きさに合わせて稼働していない、いわゆる固定機種の場合、吸い込めないまま押ししていく状況だった。

各ロボットは、弾性床よりもカーペット床の紙ごみを、より回収できないものが多かった。

ただし、RoBoPRO は機体が軽量のため、2機種が乗り越えられなかった段差も簡単に乗り越え、吸引力よりもブラシの力で、シュレッダーなどのあらごみを回収した。

ごみの回収比較は表 04 に記す。

(回収ごみの写真は P22 参照)

2.7 立面の清掃ロボット；窓清掃ロボットの検証

窓清掃ロボットの導入は早く、国内では新宿の高層ビルでの最初の運用が知られている。ワイヤーやレールで固定しているものであり、床用清掃ロボットより運用は早い。



窓清掃ロボット VACS-8

今回の検証の対象となった窓清掃ロボットは、セールス・オンデマンドの windowmate である。これは永久磁石でガラスの両面から吸い付けるタイプで、値段も家庭用の床清掃ロボット程度であった。

磁石タイプの A 機、B 機の 2 機で運用する。ガラスの両側から磁力を利用して挟み込み、ローラーでガラス面を移動する。ボタンを押すだけで自ら窓の大きさを図り、上から左右ジグザグに下りながら清掃するタイプ。

バッテリーが切れても、ガラスに付いたまま、落下は防げる。しかもバッテリー切れ前に下方へ移動して、高所でとどまることがないようにプログラミングされている。

窓枠の厚みを自身が感知して、一定の区画を横に移動して、ガラス面の清掃を行う。ガラス枠にバンパセンサが接触すると反対方向に向きを変える。汚れセンサはないが、マイクロファイバーの 4 パットと専用洗剤で清掃する。

移動スピードは、手作業より遅いが、ビルなどのはめ殺し窓や、手作業が難しいガラスに適する。しかし、隅は数センチ未清掃となる。事前に隅は手作業で清掃する必要がある。少ししか開かない窓や、清掃用具が届きにくいガラスの清掃など、使用する箇所は多くあると考える。

(使用可能なガラスの厚みには限度があり、湾曲しているガラスにも使用できない。充電時間 150 分で 90 分稼働。)

検証場所は会館地下の方形の窓枠がある場所で実施した。中庭風テラスがあるためガラスの外側にも出入りできるが、今回の機種は建築物の人の立ち入りが難しい場所、例えばはめ殺しの窓ガラスの清掃を主に考えられた清掃ロボットである。

ガラスの汚れは、砂塵と水垢（一部タンカル系）が混在している。

動作確認及び、安全性を含む機能を確認した。永久磁石で垂直面に張り付く部分の信頼性は高く、設置の時以外は落下の可能性が低い。

ただし、汚れ落ちに関しては床用同様隅が残る。定期清掃の半分の期間程度の頻度で用いる。しかし、汚れがひどい部分を人の手で行う必要がある。値段やマッピング



では、使いやすい手ごろな機器といえる。

ビルメンテナンス会館では一部ガラスの汚れが水垢状態となって、固着していた。当然人の手ではシャンプーとスクイジーでもとれない汚れである。

床同様、均一な圧力での一定の作業にはロボットは向いているが、圧力を変えて水垢を取るなどの作業に関しては人の手にはかなわない。



kg台タイプでは時々自己位置の確認に手間取る場合があった。

(2) ゴミの回収力 判別

床のゴミや汚れを識別して、作業方法や回数を変える機能はどの機種にも現在のところは備わっていない。

(3) 信頼性 確実に清掃したか

RoBoPROは、清掃済箇所を確認できないが、RcDCは、タブレットに清掃の記録が提示される。

(4) 安全面での問題

ほとんどの機種が壁面や柱などの衝突はセンサ、マッピングで衝突の回避ができる。突然飛び出した障害物に関してはダンパセンサで停止となる。ただし、椅子や机の脚は認識しないタイプでは衝突は避けられない。事前に範囲外への移動が必要である。

(5) マッピングしやすさ

RcDCはタブレットの操作に精通していれば、意外と簡単ではある。他機種はPC操作だけでなく、専門知識が必要となる。現場で誰でもマッピングができるわけではない。

(6) 床の段差

各機種とも段差センサは設置してい

る、特に200kg以上の大型機種はレーザーセンサ等を使用して、墜落防止に対応している。ただし、傾斜のあるスロープの場合は、各センサの向きが変わってしまい、障害物を認識しにくくなる場合がある。

(7) 汚れの判別 (品質)

汚れを判別できる機種は販売されていない。回収したごみの量が多くなるとモーターの回転数を上げるタイプはある。プロトタイプでレーザーレンジセンサの方向を変え舞い上がる粉じんを検知して、動作に反映させるものもあるが、販売はされていない。

(8) 操作しやすさ

移動、スタート時の作業、スムーズな操作を考えると、機種は限定できないが、マッピングのしやすい機種が現場での使いやすさに影響を与えるものと思われる。

4. おわりに

過去に、自律型の床清掃ロボットは600kgを超えるものもあった。今回検証した30kg台のものと家庭用に近い重さの10kg以下のものまたは床洗浄機並みの大型機器、どの機種も清掃機器のとして信頼性の高さが、今後運用にあたっての重要な部分となりうることは間違いない。

清掃作業用の機器として一番重要な部分は、清掃ロボットがどれだけ、人の手がかからない時間を捻出できるかということになる。

現状では人の手が全くなくなるものではないが、できるだけ手がかからない信頼のおける機種または使い方が必要となる。

今回は、床用の30kg台の機器を中心に検証を行ったが、マッピングのやりやすさや、トラブル時の運用方法など、かなり専門の知識が必要となる部分もあり、現場で誰でも運用できるものではないことを確認した。

次年度の調査研究小委員会の調査研究事業は、引き続き清掃ロボットに関して行う予定である。現状の清掃ロボットで実際の運用を行うため、同時に複数の機器の導入を検討している。

ロボット導入についての現場アンケートを行うとほぼ慎重派と積極派に分かれる。どちらにも共通しているのは「清掃の一部をどれだけ安心してまかせられるか」と「人手不足の中でかえって手のかかるものでは意味がない」との意見であった。もう一つはビルオーナーの許可をいかに取るかが課題であるとの意見があった。

1994年のビッグバードでの鈴木氏の結論では、当時ロボット導入は時期尚早ということであった。重量など、特にカーペットフロアでの運用に疑問があったようである。それよりも自動床洗浄機とスーパの活用が先であるとの意見であった、

ロボットについては当時に比べてもハード面とソフト面は格段に進歩しているが、清掃ロボットに対する使用者側の意見があまり反映されているようには思えない部分が多い。

前述の隅の問題でも、ハードフロアとカーペットでは汚れのつき方が異なる。ビルメンテナンス側からの要望も含めて、メーカー側とのコンセンサス (consensus) がもっと必要である。

(2003年の段階でも、当時のロボハイターシリー

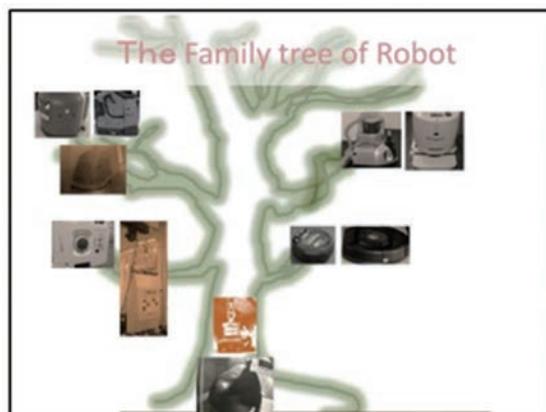
ズがオフィスエリアで運用されていた時、ロボットの重量でタイルカーペットへ車輪の跡がついたことが問題となる。毎日の走行場所を数センチずらしながら走行した形で解決している。エレベーターで運用した機種の重量は165kgだった。30kg台の機種では轍はできない)

清掃ロボット特に床清掃を行うロボットの清掃能力を検証するに当たり、ビルメンテナンス側から、最後に、これだけは譲れない部分、今一度提唱したい部分があった。捕捉として以下に記す。

①清掃は単純な作業の積み重ねではない。(特に外部の方々には、清掃は単純作業との誤解が多い)

②ロボットは清掃資機材のひとつであり清掃従事者が使いこなすものである。

清掃ロボットの開発は、メーカー側だけではなく、もっと使用者側の意見も反映させる必要がある。これはビルメンテナンス側からのアクセスも足りなかったともいえる。清掃ロボットは清掃機器の延長である。今後のロボットの開発には双方の協力が必要であるといえる。



5. 追加項目：清掃ロボットの歴史

過去、ロボットには何度かブームがあり、そのたびに清掃ロボットも話題となった。各ブームとも目玉となる製品があり、1990年代には2足歩行ロボットが話題に、今回はAibo、BIG DOGなど異形のロボットが登場している。

2002年ごろから、家庭用のロボット掃除機が日本で販売されている。iRobot社の「Roomba」系列機種だけで2017年の段階で1500万台の売り上げを記録している。今日同メーカーからは、湿式タイプの掃除機も発売され、マッピング機能も追加された機種もある。家庭用の清掃ロボットはすでに根づいている感があるが、業務用は販売台数もまだそれほどのびてはいない。

機器が高額なこともあるが、それだけではないようである。品質という点でビルメンテナンス側からの意見と、開発側の意見に齟齬（開き）があるようにも見受けられる。何故であろうか。

実は、日本では業務用の床清掃ロボットの歴史は意外に古く、1976年に早くもロボット学の専門家委員会が発足している。その2年後の1978年に床用で最初のダスタータイプ（ドライ吸引式）の機種がオートマックス社から販売されている（※01）

自動床洗浄機の自律型タイプと呼ばれるいわゆる清掃ロボットのウェットタイプは、1986年東芝から販売されている。こちらの「Auto Suweepy AS-100」は総重量が500kgあった。

1988年、故田中定二氏が、『ロボットへの投資』という講演を行っており、スイーパー式と東芝の自動床洗浄式の2機種の自

律型床面清掃ロボットを紹介している。（※02）

同氏は、清掃ロボットの（当時の）限界と今後の期待について、「清掃ロボットとは要するに、清掃機械の自動化を一步進めたものである」と述べていた。

ビッグバードとして新設された羽田空港において、1994年に故鈴木優氏が、大手機器メーカーの床清掃用ロボットを紹介している。ここにはかなり大型の機器もあり、大きいもので重量650kg、だいたい300kg前後で当時の床洗浄機に近い物が中心だった。一番軽いものではバキューム型でそれでも65kgあった。（※03）

2001～2003年にかけては、スバルロボハイターが都心の高層ビルのエレベーターへの自動運転による事例をつくった。このシリーズは2005年に開催された、愛・地球博で会場清掃も受け持っていた。（しかしこれらの機種は2012年に販売が中止となる）

2002年からビルクリーニング誌にも掲載された『面白機械学』（2004年1月まで連載）に故木村光成氏が（田中氏同様の）意見を載せている。所謂清掃ロボットは、バキュームやポリッシャーに人工の制御装置が加わり、ロボット化されたものであると。氏はバキュームや自動床洗浄機などの機器の歴史の延長でビルメンテナンス側からロボットについて述べている。（※04）

田中氏の講演からすでに30年、ハード面からもソフト面からもロボットの技術は確実に上がっているようである。

6. 謝辞

今回の検証にあたり、多くのメーカーに協力いただきました。ここに、記して感謝

いたします。

- (1) アマノ株式会社
- (2) シーバイエス株式会社
- (3) セールス・オンデマンド株式会社
- (4) 中西金属工業株式会社
- (5) 日本信号株式会社
- (6) フィグラ株式会社
- (7) 株式会社マキタ

7. 参考文献（※ 01 ～ 04）

- (1) 月刊ビルクリーニング 1994年8月号
- (2) 月刊ビルクリーニング 2003年12月号
(株式会社クリーンシステム科学研究所)
- (3) ビルメンテナンス 1988年7月号
(現 公益社団法人全国ビルメンテナンス協会)

現場従事者からの意見

マキタ RoBoPRO

<ul style="list-style-type: none"> ・コーナーの除塵可能 ・棒等で走行の方向を変えながら別の作業を同時進行すれば効率的 ・専用部でも扉を閉めきった状態で走行させておけば、その間設営等同時進行可能 ・ある程度見ていないと、どこまで除塵されているか分からない ・人通りの多い場所は、通行人に接触する恐れがあるため使用不可 ・エレベーター、階段付近も注意 	<ul style="list-style-type: none"> *これから期待する性能 ・マッピング機能が今後必要
---	--

アマノ RcDC

<ul style="list-style-type: none"> ・コーナーの除塵不可 ・マッピングされているエリアは、確実に清掃されているので未清掃部分を他の作業と同時進行すれば効率的 ・現場の担当者でもマッピングできることが最大の強み ・ある程度広いフロアでの使用が効率的 ・バッテリーの充電が簡単 	<ul style="list-style-type: none"> *これからの要望 ・椅子やテーブルの脚の感知機能の追加
--	--

フィグラ F.ROBO CLEAN

<ul style="list-style-type: none"> ・コーナーの除塵不可 ・パイプ椅子等の認識力は高い ・マッピングが難しく現場対応は困難 ・マッピングなしで、リモコンのみで操作可能なところは良い ・何度も現在位置を確認させる動作が無駄 ・バキュームの能力は優れている 	<ul style="list-style-type: none"> *これからの要望 ・思ったより難しい もっと簡単にできないか ・再始動しやすいようにしてほしい
---	---

備 考

マッピングも含め、できるだけ手間がかからない機器が理想、自己位置の確認も含め、現場で対応できるようにしてほしい。

バキュームも含む清掃機器のレベルアップ

安心して手間がかからない時間をできるだけ捻出してほしい

清掃ロボットデモンストレーションにおける ロボットの評価

評価基準

点数	性能	稼働時間	重量	価格	マッピング難易度	使用難易度
	技術レベル	H/台	kg/台	円/台	操作基準	制御
3	非常に良い	2.1以上	100以下	100万以下	簡易	簡易
2	良い	1.1～2.0	101～200	101～300万	普通	普通
1	普通	1.0以下	201以上	301万以上	煩雑	煩雑

No.	主体能力	総合評価							適材箇所	
		性能	稼働時間	重量	価格	マッピング難易度	使用難易度			
1	吸塵	15	3	2	3	2	2	3	オフィス 共用部	アmano株式会社 [RcDC] 
2	拭き上げ	10	2	2	3	3	—	—	オフィス・共用部 のガラス等	セールス・オンデマンド 株式会社 [windowmate] 

業者名/内容	運用方法 (例)
<p>内容：自律走行床清掃ロボット (吸引型) 主な情報取得：デモンストレーション (東京ビルメンテナンス協会主催) 販売価格：180 万円/台 (標準：2.0h仕様) 210 万円/台 (オプション：4.0h仕様)</p> <p>検証エリア：共用通路及び ELV ホール、研修室 特徴： ①あらかじめ清掃エリアの地図と清掃プランを設定し、その清掃エリアを最適な経路で塗りつぶすように走行することでゴミを吸引、除去。設定にはタブレット端末を採用 ②現場報告によると損益分岐点は 3 年目を想定 ③作業スピード調整、オーバーラッピング機能により安全面に配慮 ④機械操作に慣れていないと扱にくいなどの理由により、マッピングに関しての練習、教育は必要だと思われる。 ⑤稼働時間 標準 2.0h、オプション 4.0h、重量 標準 30kg、4h仕様 40kg、制御 超音波センサー、レーザーセンサー</p>	<p>使用方法：マッピング機能を使用しての共用部清掃に使用 使用時間：深夜帯を想定 (夜清掃～深夜清掃)</p> <p>想定方法 ①共用部を RcDC で清掃している間、クルーは水周り清掃かオフィス清掃を実施。 ②ハンディバキューム等を使用して共用部の隅を清掃 (2～3日/回) ③共用部清掃チェックを行い、ロボットを次の清掃箇所に移動 ④作業終了後、吸塵ゴミを回収 ⑤共用部の清掃結果をタブレットで確認、マッピングの仕様変更がある場合は変更</p> <p>■所感と運用時注意点 PC操作に慣れた人であれば地図などの設定は問題ない。床置き の延長コードや椅子の脚はセンサーが感知せず、回避走行できないため、専用部清掃には不向き。しかし専用部内のエリアを部分指定して稼働させる等の細かい設定を行えばその限りでは無い。</p>
<p>内容：窓清掃ロボット 主な情報取得：デモンストレーション (東京ビルメンテナンス協会主催) 販売価格：9 万円/台</p> <p>検証エリア：B1F ドライエリア通用扉のガラス 特徴： ①窓拭き清掃ロボット、両面からネオジム磁石にて A機・B機と貼り付けてから窓の清掃を行う。 ②使用出来ない注意点として以下の事が挙げられる。 ・対応している厚さではない窓ガラス ・窓枠とガラス面との段差が 5mm未満の窓 ・長方形、正方形以外の形 (円形、三角形、台形など) の窓 ・スタンドグラスや凹凸が多い窓ガラス ・カッティングシートや日よけシートなどを貼り付けた窓ガラス ・天窓など床に対して垂直ではない窓 ・一辺が 70cm未満の窓ガラス ・濡れていたり、油で汚れている窓ガラス ・割れていたり、ヒビのある窓ガラス ・窓枠のない窓ガラス ・曲面のある窓ガラス ・ガラスと窓枠のすき間を埋めているシール材が柔らかい材質の窓 ③専用の洗剤を使用する必要がある。</p>	<p>使用方法：ガラス清掃 使用時間：状況により日常清掃から臨時清掃まで幅広く可能</p> <p>想定方法 ①はめ殺しの窓 ②手作業が難しい窓 ③日常に +α で窓清掃を追加したい場合 ④窓清掃を windowmate で行っている間、他の業務やフォロワーが可能</p> <p>■所感と運用時の注意点 比較的簡単に作業を行える為、使いやすい。一般的なガラスなら比較的どこでも使用できるため、敷居が低いのが特徴。 清掃方法がマイクロファイバーの丸いパットを 4 枚回転させて清掃する為、酷く汚れているガラス等、うろこ状になっている物は汚れを完全に除去出来ず、残る事が多い。また、パットが丸型の為四隅は清掃出来ず、人の手でする必要がある。 手の届かない場所等に使用する場合は非常に便利である為、エントランス等に使用可能。 各窓に取り付け～作業終了までの時間が多少かかる。理由は以下の点 ①A機・B機をネオジム磁石で貼り付けた場合、調整が必要 ②一定の区画を横移動し、窓枠の厚みを自身で感知する為の調整が入る ③移動スピードは、手作業と比べると遅い為、手が届く範囲は手作業で行った方が効率がいい</p>

No.	主体能力	総合評価							適材箇所	
		性能	稼働時間	重量	価格	マッピング 難易度	使用 難易度			
3	吸塵	14	2	3	3	3	—	3	オフィス/店舗	マキタ株式会社 RoBoPRO [RC200DZ] 
4	吸塵	12	3	2	3	2	1	1	商業/中・大規模 オフィス 共用部	フィグラ株式会社 [F.ROBO CLEAN] 

業者名/内容	運用方法 (例)
<p>内容：自立走行床清掃ロボット (吸引型) 主な情報取得：デモンストレーション (東京ビルメンテナンス協会主催) 販売価格：11.5万円/台 (本体のみ) 特徴： ①マキタのバッテリー (18V) と互換性がある為、他の製品との併用が可能。 ②ランダム走行、パターン走行により、シンプルながらも使いやすい機能を備えており、安全面でもダンパー機能等により衝突を緩和する等の機能搭載。 ③稼働時間 3.0h、制御 落下防止用赤外線センサー、超音波センサー、他 ④磁気テープや誘導線 ⑤マッピング機能が無い為、詳細な清掃方法を求めることは難しい</p>	<p>使用方法：起動ボタンを押して使用 使用時間：日常清掃の日中～深夜清掃 (オフィス・共用部含む) を想定</p> <p>想定方法 ①オフィスの会議室等の「床に色々な物が設置されていない環境」での使用 ②共用部エリアを実施中に他の業務を実施 ③巡回清掃時に共用部に放流しておくだけである程度の清掃は可能</p> <p>■所感と運用時注意点 現場に導入する場合、トータルコストは優れている。衝突緩和機能は搭載されているが、衝突を避けられないのが欠点。壁面などの四隅清掃にたけているが、基本はランダム走行のため未清掃箇所が発生しやすい。 また上記に記載した通り、マッピング機能が無い為、詳細な設定が出来ず清掃に関しては、ロボット任せである。 他のマキタ製品を所持している場合、バッテリーの互換性がある為比較的導入しやすい。 清掃カバー率はランダム・ジグザグ走行の為、高価な清掃ロボットと比べると低い。 また、高価なロボットのように各種様々なセンサーは取り付けておらず、衝突回避と言う点では他の清掃ロボットより難しい。数台購入し、一斉に放流した方が効率が良いと思われる。</p>
<p>内容：自律走行床清掃ロボット (吸引型) 主な情報取得：デモンストレーション (東京ビルメンテナンス協会主催) 販売価格：200万/台 程度</p> <p>特徴： ①清掃面積は標準仕様で 1,000㎡/h、稼働時間 2.0h、充電 2.5h、重量 29.5kg、制御 超音波距離センサー、他 ②空港で稼働中。 ③様々な清掃ロボットの中でも初期に販売されたタイプ</p> <p>■所感 スタンスは人とロボットとの協働としており、他のロボットと同じスタンスである。 価格も、他の高額ロボットと同程度の金額だが、2009年販売、30kg台では一番古い印象がある。 このロボットを第1世代とするならば、現在主流、もしくは販売されている清掃ロボットは第2世代であり、その差を埋める必要があると感じた。また、自身での空間作成能力が無く、例に出すと「○Om進んで左にOm」とPCにて入力するため時間がかかる。なお、トイレの前で一時停止をする等の細かい設定は出来る。</p>	<p>使用方法：起動ボタンを押して設定したルートを使用 使用時間：日常清掃の日中～深夜清掃の共用部を想定</p> <p>想定方法 ①共用部をエフロボで清掃している間、クルーは水周り清掃かオフィス清掃を実施。 ②ハンディバキューム等を使用して共用部の隅を清掃 (2～3日/回) ③共用部清掃チェックを行い、ロボットを次の清掃箇所に移動 ④作業終了後、吸塵ゴミを回収</p> <p>■運用時注意点 机や椅子の脚等には反応するが、レイアウト変更が頻繁に行われる会議室等には不向き。また清掃範囲を登録する場合、PCからケーブルにてロボットに入力する必要があり事実上、メーカーが入力する形になる。</p>

No.	主体能力	総合評価							適材箇所	
		性能	稼働時間	重量	価格	マッピング 難易度	使用 難易度			
5	吸塵	8	3	3	1	1	—	—	商業/大規模 オフィス 共用部	シーバイエス株式会社 「AEROBOT 1850」 
6	洗淨	8	3	3	1	1	—	—	商業/中・大規模 オフィス 共用部	中西金属工業株式会社 「ROBO Cleaper」 
7	洗淨	8	3	3	1	1	—	—	オフィス 共用部	日本信号株式会社 「CLINABO」 

— 未検証

業者名/内容	運用方法 (例)
<p>内容：自律走行床清掃ロボット (吸引型) 主な情報取得：デモンストレーション (東京ビルメンテナンス協会主催) 販売価格：570 万円/台</p> <p>特徴： ①連続稼働時間 4.0h、清掃幅 81cm、最大洗浄面積 929㎡/h、重量 275kg、制御 赤外線センサー、ソナーセンサー、他 ②3種類のセンサー (ソナー、タッチ、赤外線) で安全確保、危険を察知した場合、約 0.48 秒で停止 ③マッピングモードあり</p>	<p>使用方法：起動ボタンを押して設定したルートを選択 使用時間：日常清掃の日中～深夜清掃の共用部</p> <p>想定方法 ①大型施設での運用 ②共用部を AEROBOT 1850 で清掃している間、クルーは水周り清掃かオフィス清掃を実施。 ③ハンディバキューム等を使用して共用部の隅を清掃 (2～3日/回) ④共用部清掃チェックを行い、ロボットを次の清掃箇所に移動 ④作業終了後、吸塵ゴミを回収</p> <p>■所感 高さ 120cm以上で大型であるため、オフィスや小規模現場は不向き。 製品自体は海外製 (スイス タスキー社) の為、機器に関する要望はタスキー社に問い合わせる必要がある。 幅木付近の清掃もギリギリまで寄って清掃する為、ハンディ等を使用して除塵する必要が無い。 回転も移動もスムーズでセンサーの数もそれなりに多い為、作業効率、安全面にも配慮されているが、高価なのがネック。</p>
<p>内容：自律走行ロボット床面洗浄機 主な情報取得：デモンストレーション (東京ビルメンテナンス協会主催)</p> <p>特徴： 販売価格：600 万円/台 ①連続稼働時間 2.0～3.0h 最大清掃面積 2,500㎡ (障害物なし) ②超音波センサーとレーザーセンサーにより周辺の壁までの距離を計測し障害物を検知 ③マッピング機能あり、重量 275kg、制御 赤外線センサー、レーザーセンサー、超音波センサー ④自動床洗浄機の清掃ロボット</p>	<p>使用方法：起動ボタンを押して設定したエリアを選択 使用時間：日常清掃の日中～深夜清掃の共用部</p> <p>想定方法 ①大型施設での運用 ②共用部を ROBO Cleaper で清掃している間、クルーは水周り清掃かオフィス清掃を実施。 ③共用部清掃チェックを行い、ロボットを次の清掃箇所に移動 ④作業終了後、回収された汚水の処理</p> <p>■所感 他のロボットと比較すると小回りが可能であり、障害物の回避能力も問題なし。また稼働中に障害物等で未清掃になった箇所は、再度清掃をチャレンジするなど、能力も高い。価格がネックだが、大規模エリアの清掃などなら十分使用可能。</p>
<p>内容：自律走行ロボット床面洗浄機 WetType (Dry Type もあり) 主な情報取得：デモンストレーション (東京ビルメンテナンス協会主催)</p> <p>特徴：ティーチング方式 手動稼働も可能 販売価格：400 万円/台 ①連続稼働時間 3.0h 最大清掃面積 1,000㎡/h (障害物なし) ②レーザ、超音波センサにより周辺の壁までの距離を計測し障害物を検知、バンパセンサも使用 ③ティーチングによるマッピング可能、重量 220kg、制御 超音波センサ、ドライブレコーダ装着 ④自動床洗浄機の清掃ロボット</p>	<p>使用方法：起動ボタンを押して設定したルートを選択 使用時間：日常清掃の日中～深夜清掃の共用部</p> <p>オプション 自動運転中の稼働状況通知機能の取付け。異常時にはメールで作業者に通知。</p> <p>■所感 大型ロボットの分類にはなるが小回りが可能であり、障害物の回避能力もある。</p>



写真 No. 1

機種名：RoBoPRO
運転中



写真 No. 2

機種名：RoBoPRO & RcDC
コラボレーション中



写真 No. 3

機種名：RoBoPRO
運転中



写真 No. 4

機種名：RoBoPRO
運転中



写真 No. 5

機種名：RoBoPRO & RcDC
コラボレーション中



写真 No. 6

機種名：RoBoPRO
運転中



写真 No. 7

機種名：RcDC
回収ごみ



写真 No. 8

機種名：F.ROBO CLEAN
回収ごみ



写真 No. 9

機種名：RoBoPRO
回収ごみ



写真 No. 10

機種名：RcDC
バッテリー部分



写真 No. 11

機種名：RcDC
レーザーセンサ位置



写真 No. 12

機種名：RcDC
マッピング中



写真 No. 13

機種名：F.ROBO CLEAN
運転中

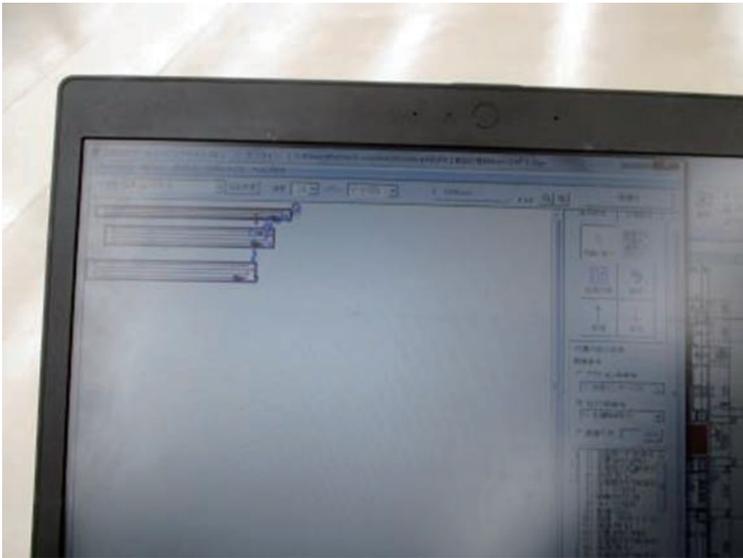


写真 No. 14

機種名：F.ROBO CLEAN
マッピングパソコン画面



写真 No. 15

機種名：F.ROBO CLEAN
ビニールの吸引テスト



写真 No. 16

機種名：AEROBOT 1850
表示盤



写真 No. 17

機種名：AEROBOT 1850
運転中



写真 No. 18

機種名：AEROBOT 1850
ブラシ部分



写真 No. 19

機種名：Robocleaper
清水汚水タンク部分



写真 No. 20

機種名：Robocleaper
表示盤



写真 No. 21

機種名：Robocleaper
運転中

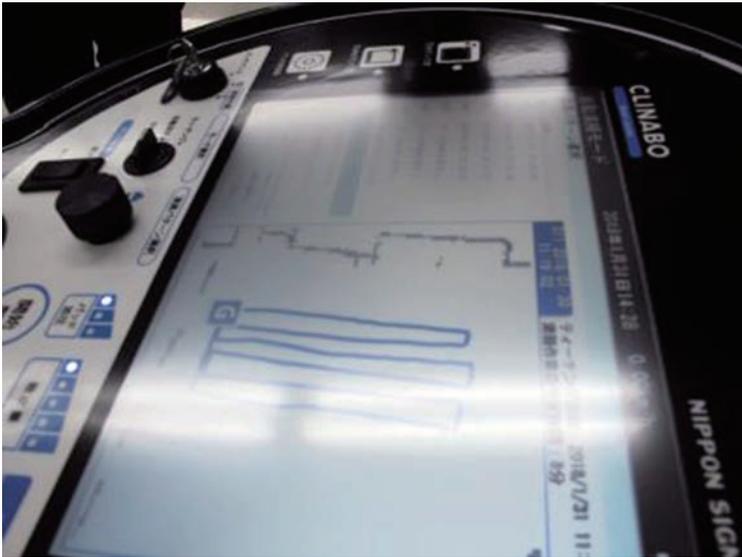


写真 No. 22

機種名：CLINABO
表示盤



写真 No. 23

機種名：CLINABO
運転中



写真 No. 24

機種名：CLINABO
ティーチング中

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

委員 長	野 口 博 行
小 委 員 長	鈴 木 悟
小 副 委 員 長	正 田 浩 三
委 員	川 端 雅 人
委 員	岸 正
委 員	島 俊 隆
委 員	高 橋 英 治
委 員	田 崎 光
専 任 講 師	北 山 克 己

清掃ロボットの实証実験報告書

発行日：平成30年3月

発 行：公益社団法人 東京ビルメンテナンス協会

〒116-0013

東京都荒川区西日暮里5-12-5 ビルメンテナンス会館1F

TEL. 03 (3805) 7555 FAX. 03 (3805) 7550

URL. <http://www.tokyo-bm.or.jp>

印刷・製本：株式会社アイセレクト

※本書に記載されているデータ等は、公益社団法人東京ビルメンテナンス協会に帰属します。
なお、本書の内容を無断で転載、複写、引用することを禁じます。

