東京都23区内のオフィスの点検・修理業務の定量分析と管理拠点の最適配置に関する研究

A STUDY ON THE QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE INSPECTION AND REPAIR SERVICE IN OFFICE BUILDINGS AND THE OPTIMAL LOCATION OF THE SERVICE CENTER IN 23 WARDS IN TOKYO

大植 拓真 ——— * 1 瀧澤 重志 ——— * 2
加藤 直樹 ——— * 3

Takuma OUE ——— * 1 Atsushi TAKIZAWA — * 2
Naoki KATOH ——— * 3

キーワード：
オフィスビル, 点検・修理業務, プロパティマネジメント,
業務時間分析, 業務拠点, 最適配置

Keywords:
Office building, Inspection and repair service, Property management,
Working hours analysis, Service center, Optimal location

The inspection and repair service in office buildings is one of the important tasks for an enterprise which provides property management services, and reducing costs incurred by the services is required for the enterprise. However, the content of the services is obscure and the location of the service center is not often optimized. With the background, we provide quantitative analysis of the service, especially the contents of the service and the working hours, and optimize the location of the service center.

1. はじめに

オフィスの点検・修理業務とは、管理人員が定期的に、および非定期的にビルを巡回してビルに不備が無いか確認し、必要があれば電球等の交換、清掃、クレーム対応等を行う業務の総称であり、プロパティマネジメントを行う企業にとって重要な業務の1つである。そのような企業にとって、オフィスの点検・修理業務の質を向上させると共に、業務にかかるコストを削減することは重要な課題である。

本研究で扱う中小規模のオフィスの場合は、コスト削減などの理由からビルに専属の管理人員が配置されていることは希で、多くの場合は、必要な業務が発生した場合のみ管理人員を派遣して対応している。しかし、現状ではオフィスの点検・修理業務には具体的にどのような作業があるのかということが正確に分類されておらず、どれだけの時間が各作業にかかっているのかということも十分把握されていない。このため、どの作業に対して、コストをどれだけ下げられるかが不明瞭である。また、このような業務は巡回業務拠点（以下、業務拠点と呼ぶ）の地理的位置に効率性が左右されるので、その拠点の配置は極めて重要である。しかし、管理物件の契約は、基本的に管理拠点の地理的位置に関わらず決定されるので、必ずしも現状の業務拠点が各管理物件に対して最適な配置であるとは言えない。よって、業務拠点の地理的位置を最適化すれば、1回の出勤にかかる時間を短縮でき、コストを下げられるだけでなく、クレームや緊急修理業務に迅速に対応し、テナントの満足度を高めることが出来る。そのため管理拠点の場所や管理人員の配置が適切かどうかを定期的に評価できれば、経営効率の改善につながる。

オフィスビル設備の定量分析を行っている既往研究として、飯田らのオフィスの改修記録等から見た主な建築設備の耐用年数の

研究¹⁾があるが、この研究では設備の分析だけを扱っており、実際に管理人員が行う業務を分析している訳ではない。また、施設の最適配置を考えている既往研究は、永野らの研究²⁾など数多く存在するが、オフィスの業務拠点についての事例を扱っているものは無い。

本研究では業務内容と業務時間が不明瞭であったオフィスの点検・修理業務を定量的に分析する。また、その分析を基に、現状の業務拠点の最適配置を考察する。具体的には以下のような手順に沿って、研究を進める。

- (1) 管理拠点の業務日報データに基づきオフィスの点検・修理業務を分類する。
- (2) 各業務分類の業務時間を推定できるモデルを作成する。
- (3) 各オフィスの業務発生頻度を推定できるモデルを作成する。
- (4) 業務発生頻度モデルを用いて各ビルに重みを付け、最適配置結果を得る。

2. 使用データ

本研究では、あるプロパティマネジメント会社が東京都23区内で管理している物件データと、2010年度9月の業務日報データを用いた。表1にデータ項目の一覧を示す。

業務日報データには、日付、物件名、担当者名、人工（業務に携わ

表1 研究で使ったデータ

データの種類	データの件数
2010年9月の業務日報	519
管理物件(住所、竣工年月、延床面積、階数)	153
拠点(住所)	2

¹⁾ 京都大学大学院工学研究科 修士課程
(〒615-8530 京都市西京区京都大学桂)

²⁾ 京都大学大学院工学研究科 助教

³⁾ 京都大学大学院工学研究科 教授

¹⁾ Master Course, Graduate School of Engineering, Kyoto Univ.

²⁾ Assist. Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto Univ.

³⁾ Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto Univ.

表 2 業務日報データの例

物件名	ab		
担当者	x	人工	1
開始時間	10:00	終了時間	11:30
作業時間	90(分)		
作業合計時間	90(分)		
業務区分	定期巡回点検		
業務内容	① 定期巡回点検 ② 断球交換 (6F 女子トイレ FL20W×2 本) ③ 5F 男子トイレ大便器フラッシュバルブ配管ナット部より漏水確認、ナット増し締め実施 ④ 8F 給油室照明器具交換実施 ⑤ 検針実施		

表 3 全物件の統計

	平均	標準偏差
延床面積 [㎡]	3454.5	2730.43
築年数 [年]	19.31	9.93
階数 [階] ※地下含む	8.45	2.90

全物件数 [件]		153
エリア[件]	千代田エリア	31
	新宿エリア	25
	港エリア	38
	渋谷エリア	36
	中央エリア	23

った人数)、開始時間、終了時間、作業時間、作業合計時間、業務区分、業務内容 が含まれている。物件名と担当者名は企業情報保護の観点から、本稿では暗号化して表示してある。作業合計時間は作業時間に人工を乗じたものである。例えば、2010 年 9 月 1 日の日報を見てみると、表 2 のようになっている。業務区分と業務内容が必ずしも一対一対応になっていなかったり、担当者によって記述内容にばらつきがみられたので、次章において業務内容を整理・分類する。また表 3 に、分析対象となる管理物件データの基礎統計を示す。

3. 定量分析

3.1. オフィスビル点検・修理業務の定義と分類

全 519 件の日報の業務内容テキストデータを分析し、全業務を以下の(A)~(K)のような 11 グループに分けた。

- (A) 定期巡回点検
- (B) 電球等の交換 (管球交換 / スイッチ交換等)
- (C) 清掃
- (D) メンテナンスの立ち会い (ポンプ点検立会い等)
- (E) 水回り不具合対処^{注1)} (漏水の防水処理等)
- (F) 水回り以外不具合対処 (外部フェンス開閉調整等)
- (G) 水回り不具合の調査、検査 (水質検査用水検査等)
- (H) 水回り以外不具合の調査、検査 (天井の漏水調査等)
- (I) クレーム対応
- (J) その他作業 (取扱説明書渡し / 門扉開錠等)
- (K) 検針

3.2 業務時間の分析

(A)~(K)の各作業時間を推定するために重回帰分析を行った。519 件の業務内容データに対し、(A)~(K) 各グループの業務が該当していれば 1、該当していなければ 0 という数字を振り、(A)~(K)のグル

表 4 日報の数値化データの一部

物件名	時間 [分]	業務分類													
		A	A'	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	K'	
ab	180	1	2296	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	10	
cg	45	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
kj	210	1	6408	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	

表 5 点検・修理業務時間推定モデル

説明変数	モデル 1		モデル 2	
	偏回帰係数	P 値	偏回帰係数	P 値
(A)(A')定期巡回点検	85.42	0.00	0.02	0.00
(B)電球等の交換	32.01	0.00	35.97	0.00
(C)清掃	85.80	0.00	94.01	0.00
(D)立ち会い	99.42	0.00	100.08	0.00
(E)水回り不具合対処	22.75	0.04	23.67	0.03
(F)水回り以外不具合対処	42.23	0.00	42.49	0.00
(G)水回り不具合の調査	24.79	0.01	26.24	0.01
(H)水回り以外不具合調査	42.94	0.00	42.88	0.00
(I)クレーム対応	17.11	0.03	16.14	0.05
(J)その他作業	30.86	0.00	32.66	0.00
(K)(K')検針	46.01	0.00	5.67	0.00
決定係数	0.696		0.673	

ープに該当する業務の発生、非発生を表す 11 次元の 0,1 データに変換した。例えば、表 2 の物件 ab の案件を数値化してみよう。①より定期巡回点検業務を行っているので(A)が 1、②と④より(B)が 1、③より(E)と(G)が 1、最後に⑤より(K)が 1、それ以外が 0 と番号を振れることが分かる。また作業合計時間が 300 分を超えていた日報データは長時間の改修工事の立ち会いといった特殊な業務であり、全体の中で約 3%程度だったので、本研究では外れ値として除いた。

しかし、このような数字の振り方では定期巡回点検や検針のようにビルの延床面積や階数によって業務時間が大きく変わるグループの業務時間が正確に推定できない可能性がある。そこで(A)定期巡回点検、(K)検針に関して、巡回点検はオフィスビルの床面積に業務時間が依存し、検針は特にオフィスビルの階数に依存すると考え、各ビルの延床面積、階数の値を乗じた。以上の処理を行うと、日報の業務内容テキストデータは以下のような数値データになる(表 4)。

(A)~(K)の 11 次元の 0,1 データを説明変数に使用したモデル 1 と、(A),(K)の代わりに(A')と(K')を説明変数に使用したモデル 2 の両方に関して、作業の合計時間[分]を目的変数にして重回帰分析を行った。各業務分類の偏回帰係数のみを業務時間として求めたいので、定数項は 0 とした。結果を表 5 に示す。

両モデルともに決定係数は 0.67~0.69 であり、分析結果は比較的信頼できると言える。また偏回帰係数がそれぞれ作業時間を表している。例えば、モデル 1(B) の電球等の交換の偏回帰係数は 32.01 であるので、(B) にかかる作業時間は 32 分であると推定出来る。(C)~(J)に関しても同様である。モデル 2 の(A')の定期巡回点検は延床面積に依存する業務であるので、偏回帰係数 0.02 に延床面積を乗じれば作業時間が推定できる。例えば、例えば、表 2 の ab の案件の延床面積は 2,296 である。よって作業時間は、2,296 *0.02=45.9(分)であると予測される。(K')の検針に関しても(A')と同様に偏回帰係数 5.67 に、階数を乗じれば、作業時間が予測できる。例えば、ab の物件の階数は 10 なので、作業時間は 10*5.67=56.7(分)であると予測される。

表 6 緊急業務発生頻度推定モデル

説明変数	偏回帰係数	P 値
築年数	0.0119	0.52
階数	0.2557	0.00
決定係数	0.458	

2つのモデルの内、モデル1の方がやや決定係数が高かったことを見ると、定期巡回点検や検針といった業務は、ビルの延床面積や階数にそれほど依存しない業務であると推測される。

分類ごとに推定された業務時間を見ると、(A)定期巡回点検、(C)清掃、(D)メンテナンスの立ち会いなどの予め定期的に行われる種類の業務の時間は85～100分と比較的長い。対して、(B)電球等の交換や(E)～(H)の不具合の調査と対処、(J)クレーム対応のような緊急性の高い業務は業務時間が短い。このような業務は移動時間に対する業務時間の割合が小さく、移動時間の短縮化により大きくサービスの質が向上する可能性がある業務といえよう。

4. オフィスビルの緊急業務発生頻度推定モデル

分析対象となるビル153件に対して、目的変数を各ビルの2010年9月の緊急業務発生頻度、説明変数を各ビルの築年数、階数データを与えて、重回帰分析を行った。尚、緊急業務発生頻度とは、3章の(A)～(K)の業務分類から、定期的に行われる業務である(A)定期巡回点検、(K)検針を除いた(B)～(J)の業務が1カ月に起こる業務回数と定義している。結果を表6に示す。回帰モデルの定数項は0とした方が定数項を与えた場合より決定係数の値が高かったため、定数項は0としている。決定係数は0.458とそう高くないが、P値を見ると、階数は説明力の強い変数である。

階数の偏回帰係数を0.2557、築年数の偏回帰係数を0.0119として、階数、築年数をその決定要因とした緊急業務発生頻度モデルを以下のように作成した。

$$f_j = 0.2557p_j + 0.0119q_j$$

f_j : 管理物件 j の業務発生頻度 [回/1 カ月]
 p_j : " 階数 [階]
 q_j : " 築年数 [年]

5. 巡回業務拠点の最適配置

5.1 本研究で扱う最適配置問題とデータ処理

以上の分析に基づき、オフィスビルの点検・修理業務の拠点が東京都23区内に2箇所存在する場合に、その業務拠点と各巡回管理物件を結ぶ直線距離と各管理物件の業務発生頻度の積の総和が最小になるような拠点の配置を考える。尚、腰塚らの研究³⁾で都市間の道路の最短距離と直線距離が強い相関があることが示されているが、都市内についても、ある程度相関があると考え、本研究では直線距離を使用している。この問題は2-メディアン問題と呼ばれ、以下のように定式化できる⁴⁾⁵⁾。 f_j は管理物件を巡回する頻度を表しており、巡回拠点と管理対象物件の直線距離と各ビルの業務発生頻度の積の総和を最小になるような (x_i, y_i) を求める。

$$2\text{-メディアン問題} : \text{Minimize } \sum_{j=1}^n f_j D_j$$

$$D_j = \text{Min}\{\sqrt{(a_j - x_1)^2 + (b_j - y_1)^2}, \sqrt{(a_j - x_2)^2 + (b_j - y_2)^2}\}$$

表 7 拠点最適化のためのデータの一部

物件コード	緯度	経度	x	y	d1	d2	ud
ae	139.7527	35.6629	-7307.55	-37431.99	3758.90	2017.53	2017.53
bd	139.7277	35.6360	-9566.00	-40377.56	7306.14	2117.45	2117.45
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

D_j : 管理物件 j と最寄りの拠点との距離
 (a_j, b_j) : j の座標
 n : 管理物件数
 (x_i, y_i) : 拠点 i の座標, $i = 1, 2$
 f_j : j の業務発生頻度 [回/1 カ月]

最適配置問題を論じる際は、物件の位置を住所のようなテキストデータでなく、緯度経度のような数値のデータで考える必要がある。本研究では、東京大学空間情報科学研究センターが提供するCSVアドレスマッチングサービスを利用し、住所のデータを緯度経度情報に変換した。緯度経度データのままで、ユークリッド座標系のように、2点間の距離を正確に算出出来ない。よって、ArcGISの投影変換機能を用いて、緯度経度データを平面直交座標日本周辺第9系(首都圏における座標系、原点は、北緯36度0分0.00秒、東経139度50分0.00秒)座標に変換した。

尚、今回は、2010年9月の1カ月という短い期間の分析であることから、実際の業務発生頻度データを f_j に用いるには、各業務の発生回数が少なく正確な発生確率を計測するのが困難であった。そこで、全オフィスビルの業務発生確率が一律に起こる、すなわち、 $f_j=1$ とした場合(5.2節)と、5章で作成した緊急業務発生頻度推定モデルを f_j に適用した場合(5.3節)の2つの場合について考察した。

5.2 一律な業務発生確率下での最適配置

全オフィスビルの業務発生確率が一律に起こると仮定した場合、つまり $f_j=1$ の場合を考える。表7のx, yの列は経度、緯度のデータを投影変換して平面直交座標系にしたもの、d1の列は拠点1と各管理物件の距離、d2の列は拠点2と各管理物件の距離、udの列はMin(d1, d2)を表している。2-メディアン問題はudの列の合計値を最小化するように拠点1, 2を配置することで求められる。表7のような表形式データについて、Microsoft Office Excel 2007のソルバー機能にある非線形最適化ルーチンを用いて最適巡回業務拠点の位置を求めた。探索方法は準ニュートン法を使用している。

図1は、最適化前後の東京都23区内の拠点と管理物件の位置関係を示している。黒丸印は管理物件の位置で、計153箇所ある。▲は最適化前の拠点位置、★は最適化後の拠点位置を示している。

最適な拠点位置は皇居の北東の千代田区神田付近(拠点1)と、港区元麻布付近(拠点2)であることが分かる。今回扱った物件データが千代田区以北に多かったことから、中央区の拠点は現在より北の千代田区に移動し、新宿の拠点は物件がより多く集まっている港区の中央部に移動したと考察される。最適化前と比較するとおよそ16%分の距離を削減出来た。最適化前後の距離の差は、90263[m]であるので、1物件あたり590.0[m]の距離が削減される。よって1回の移動時間だけでも1物件当たり、1.7[分]を削減出来る。1か月で計算すれば、639.8[分]削減出来、距離では213.3[km]削減出来る。

5.3 緊急業務発生頻度モデルを用いた最適配置

次に各ビルに重みをつけて、拠点の最適配置を考えた。各ビルの

重みには、4章で求めた緊急業務発生頻度推定モデルを用いた。以上の問題を、前節と同様な方法で解くと、図2の結果が得られた。図1と比較すれば分かるように、現状に基づく緊急業務発生頻度モデルを加味した場合においても、業務発生確率を一樣とみなした場合と最適配置結果はほとんど同じになった。

図1 一樣な業務発生確率下での拠点の最適配置結果
(背景地図は数値地図2500(空間データ基盤)関東-3, 平成15年)

図2 緊急業務発生頻度モデルを用いた拠点の最適配置結果

最適な拠点位置は皇居の北東の千代田区神田付近と、港区元麻布付近であることが分かる。最適化前と比較すると距離と業務発生頻度の積をおよそ20%削減することが出来た。

最適化前後の目的関数値の差を f_j の平均値である2.46で割ると105989.9mとなり、更に全物件数153件でこの値を割ると692.7mとなる。これは緊急業務発生時の1回あたりの出動距離の減少量の期待値を表している。東京都内の自動車の平均時速を20[km/時]と考えると、1回の移動時間の削減量の期待値は、2.08分となる。1か月で計算すれば782.8分、距離では261km削減出来る。

いずれの結果においても、現状の業務拠点の配置が東西方向に広がっているのに対して最適な配置は南北方向であり、現状と大きな差がみられる。このような方法で差異を見いだしていくことで、拠

点配置の見直しや、新たなビルの契約対象として重点的に営業を行うエリアを絞りこむといった経営戦略の一助になる。

6. 結論

本論文の成果は、大きく分けて以下の3点が挙げられる。

- ・オフィスの点検・修理業務を定量的に分析した。特に、3.2節で行った業務時間の分析においては、オフィスの点検・修理業務を定義、区分し、その区分された業務ごとに作業時間の推定を行った。
- ・延床面積、竣工年、階数のようなビルのスペックと緊急業務発生頻度の相関を分析し、ビルのスペックに対する緊急業務発生頻度モデルを構築した。
- ・実際の東京都23区内の物件データに4章で構築した緊急業務発生頻度モデルを適用して、拠点の最適配置を求めた。

今後の課題は、前半で行った業務時間の推定モデルを後半の最適配置の研究に導入することである。分類された業務毎に発生頻度を求め、各ビルで必要となり得る業務時間を加味した人員配置を考えることや、各拠点に必要な管理人員の合計作業時間を求めて、最適に配置された拠点が更に何件の物件を管理することが出来るのか判定することが出来るが、本研究は1ヶ月という短い期間の分析で、データのサンプル数が不足していたため、現在のところ未着手である。業務分類毎の発生確率を求めるには、現在519件ある日報データの数を更に増やすことが必要である。また、本研究では1件のビルで起こる業務を、業務拠点から往復するものと仮定して分析しているが、情報通信技術の発達と共に、業務担当者が担当するビルを連続して巡回するモデルが必要となる。今後は上記の連続巡回モデルを構築していきたいと考えている。

謝辞

データ提供、及び適切な助言を頂いた株式会社ザイマックスの関係者の皆様に感謝の意を表します。

注

- 1) 「対処」は日報の中で、修理を行い元の状態に戻したと考えられるもので、「調査」は経過観察で対応したものや、業者等に修理を依頼したものを指す。

参考文献

- 1) 飯田恭一, 吉田伸郎. オフィスビルの改修記録等から見た主な建築設備の耐用年数の研究. 日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1, pp.1241-1242, 2010.7
- 2) 永野茂, 大山達雄. 高齢者保健福祉サービスの地域間格差縮小と最適施設配置に関する数理計画モデル分析, オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学 45(12), pp.655-663, 2000.12
- 3) 腰塚武志, 小林純一. 道路距離と直線距離. 日本都市計画学会学術研究発表会論文集 18, pp.43-48, 1983.11
- 4) 岡部篤行, 鈴木敦夫. 最適配置の数理, 朝倉出版, 1992.4
- 5) 加藤直樹, 大崎純, 谷明勲. 建築システム論, 共立出版, 2002.2

[2011年10月20日原稿受理 2012年1月10日採用決定]