

大規模ビルにおける館内共同配送の導入基準に関する研究

一般財団法人 計量計画研究所 剣持 健・水田 哲夫・福本 大輔・加藤 昌樹
大手町・丸の内・有楽町地区駐車環境対策協議会 渡邊 仁

1. はじめに

大手町・丸の内・有楽町地区(以下、大丸有地区)は、約 120ha の区域の中に約 100 棟のビルが林立し、各ビルには日本を代表する大企業の本社をはじめ、多くの事業者が入居して経済活動を行っている。同地区には、多くの就業者が集まるため、人の交通(人流)の利便性を高めることはもちろん、ビル内のオフィス・店舗・飲食店等に宅配貨物、商品、食材など多くの貨物が集まるため、物の交通(物流)を円滑化することも地区内の経済活動を成り立たせる上で重要である。

一般的に、都心の大規模ビルに集まる貨物の物流は、図1に示す通り、「①運送事業者がトラックに貨物を積載して各ビルの駐車場まで運ぶ」、「②トラック運転手が駐車場で貨物をトラックの荷台から下ろし、台車等に積み替える」、「③トラック運転手や配送員が駐車場から台車等で貨物を搬送してビル入居者(オフィス・店舗・飲食店等)に引き渡す(その後、駐車場に戻り、ビル内に搬送する貨物が残っている場合は、②・③を繰り返す)」という手順で行われる。このうち②・③は、ビル内で行われる物流活動であり、本稿において「館内配送」と呼ぶ。ビルの面積が広く、また、高層になるほど、駐車場からビル入居者までの距離が長くなるため、貨物の搬送に時間がかかる。したがって、大規模ビルの物流は館内配送の比重が高いという点に特徴がある。人手不足に悩む運送事業者にとっては、大規模ビルの館内配送を効率化・省力化することが課題となっている。

一方、大規模ビルでは、ビル入居者が宅配貨物等を遅滞なく受け取れるように物流サービスを確保することが、ビルの不動産価値の面からも重要である。物流サービスを維持するため、昨今、都心の大規模ビルを中心に「館内共同配送」を導入する例が増えている。「館内共同配送」とは、ビルに到着する貨物の館内配送を、ビル管理者から委託された特定の運送事業者(館内配送事業者)が一括して実施するものであり、運送事業者の館内配送における負担が低減されるなどのメリットがあるとされている¹⁾。

本稿は、大規模ビルに館内共同配送を導入するメリットを定量的に分析し、ビルに館内共同配送を導入するかを判断するための基準を提案することを目的とする。そのために、まず、大丸有地区を対象に実施した実態調査や運送事業者へのヒアリング調査等の結果から、大規模ビルの館内配送の実態を整理する。次に、運送事業者が大規模ビル内に貨物を配送するのにかかる所要時間を推計する簡易な数式モデルを構築し、館内共同配送の導入が所要時間に与える影響を定量的に分析する。さらに、数式モデルによるシミュレーションの結果に基づき、大規模ビルにおいて館内共同配送を導入するかを判断するための基準についての考え方を示す。

なお、本稿は大手町・丸の内・有楽町地区駐車環境対策協議会が大丸有地区のビルや、大丸有地区内で物流活動を行う運送業者に対して行った調査を踏まえ、検討した成果をとりまとめたものである。

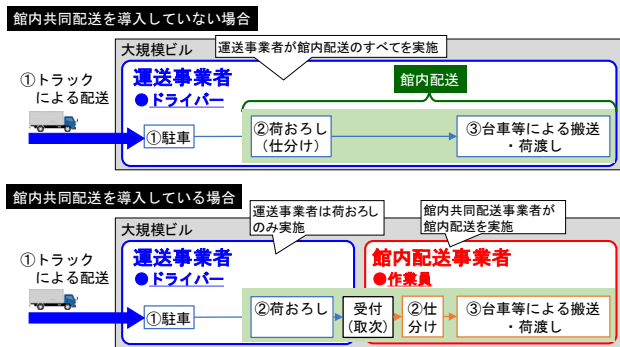


図1 館内配送、館内共同配送のイメージ

2. 大規模ビルにおける館内配送の実態

(1) 大規模ビルの貨物集中量の実態

都心の大規模ビルには日々多くの貨物が運び込まれている。国土交通省が2016年度に複数のビルを対象に実施したサンプル調査¹⁾、および、大丸有地区の2つの大規模ビルの実績データ²⁾を用いて、大規模ビルにおける1日の貨物集中量を示したものが表1である。ビルに集まる貨物量は、ビルが大きいほど、概ね多いことがわかる。大規模なビルほど多くの貨物が集まり、運送事業者の館内配送の業務負荷が大きくなっていると考えられる。

表1 大規模ビルの貨物集中量と延床面積

ビル	延床面積(ha)	納品個数(個/日)*
Lビル	7.7	484
Aビル	9.7	603
Kビル	9.8	421
Jビル	10.1	676
Iビル	11.7	928
Mビル	16.0	730
新Mビル	19.5	800

※直納の貨物を除く

出典:国土交通省のサンプル調査¹⁾、
大丸有地区の大規模ビルの実績データ²⁾より作成

(2) 館内配送の所要時間などの実態

運送事業者の館内配送の流れや所要時間などの実態を把握するため、大丸有地区のビルにおいて館内配送を行っている大手運送事業者の配送員の追跡調査を実施した。調査の結果から、ビルの入居者に貨物を届けるまでに、配送員はビル内を移動して貨物を運搬するだけでなく、駐車場での「①荷おろし」「⑩片付け」、エレベータホールでの「③エレベータ待ち」、入居者への「⑥荷渡し」にも時間を費やしていることがわかった(図2、表2)。また、大手運送事業者は貨物量が多いため、配送員は駐車場とビル内を数回往復して搬送を行っていることもわかった。1往復で平均3~4件の入居者を巡回して荷渡しをしている実態も明らかとなった(表2)。

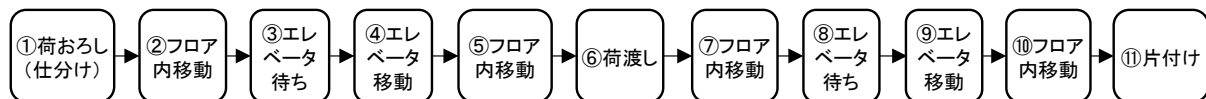


図2 実態調査からわかった館内配送の流れ

表2 大規模ビルの館内配送の実態調査の概要

項目		内容	
調査概要	調査対象ビル	大丸有地区の大規模ビル2棟 ※地上約30階、延床面積約15万㎡のビル	
	調査方法	ビル内で館内配送を行う大手運送事業者2社の配送員を追跡し、館内配送の作業手順を調査。また、作業手順ごとの所要時間を計測して調査。	
	調査実施日	平日1日(2018年9月)	
主な調査結果	所要時間 ※平均値	荷おろし	荷物1個当りの荷おろし時間:26秒/個
		フロア内移動	配送先から次の配送先またはエレベータまでの移動時間:75秒
		エレベータ待ち・移動	エレベータ待ち時間:80秒、ドア開閉時間:10秒、エレベータ移動時間:43秒
		荷渡し	配送先1件当り荷渡し時間:100秒/件
		片付け	トラック1台当りの片付け時間:278秒/台
配送先件数※平均値		1往復当りの配送先件数:3.6件/回 ※数値は午前中の調査結果	

(3) 運送事業者からみた館内配送の問題点

運送事業者からみた館内配送の問題点を把握するため、大丸有地区の大規模ビルで館内配送を行う大手運送事業者2社、中堅運送事業者1社にヒアリング調査を行った。調査の結果、大手と中堅の運送事業者では配送方法や問題点が異なること、大手運送事業者においても、人手不足が深刻になった場合に、午前のピーク時間帯に貨物の遅延が発生する可能性があることがわかった(表3)。

表3 運送事業者へのヒアリングの主な結果

大手運送事業者	<ul style="list-style-type: none"> 大丸有地区の大規模ビルに配送している貨物の量は非常に多い。午前が配送のピークであり、午後からの集荷業務に支障を来さないように午前(9:00~12:00)のうちに配送を終えることが必要である。 ビル内に作業員(運転手の場合もある)が1人駐留して館内配送を実施している。
中堅運送事業者	<ul style="list-style-type: none"> 1つのビルに配送される貨物の量はあまり多くないため、1台のトラックで複数のビルを巡回する配送を実施している。どこか1つのビルで配送に時間を要すると、他のビルへの配送が遅延してしまう。

3. 館内共同配送の導入効果の検証

(1) 検証方法

大規模ビルに館内共同配送を導入することによる効果の検証を行う。

2.で説明した館内配送の実態を踏まえると、館内共同配送は、大手・中小運送事業者が個別にビル内において配送していた貨物を、館内配送事業者が一括して配送するようになるため、配送にかかる所要時間が短縮され、運送事業者の立場からは業務負荷の軽減、ビル入居者の立場からは貨物の到着遅延リスクの低減といったメリットがあると考えられる。

こうした館内共同配送による効果を定量的に表すため、図3に示すような流れで、ビル規模(延床面積、階数、フロア面積)からビル内の館内配送にかかる総所要時間を算出する数式モデルを構築した。

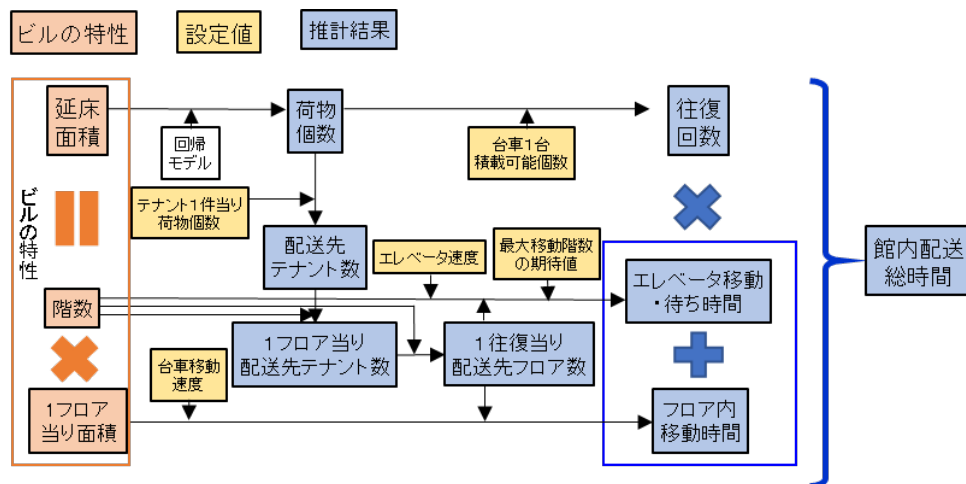


図3 館内配送にかかる所要時間を推計する数式モデルの簡易フロー

(2) 数式モデルの概要

数式モデルは、ビル規模を表す延床面積、階数、フロア面積といった入力値をもとに、ビルに集まる貨物を入居者に届け終わるまでの所要時間(以下、館内配送総時間)を推計するものである。モデルは、表4に示す6つの手順(1~6)によって所要時間を算出する。各手順における推計方法の詳細や適用するパラメータの設定方法は表5に示す通りである。

表4 数式モデルにおける館内配送にかかる所要時間の推計手順

手順	計算方法
1	ビルの延床面積から、回帰モデル【表5①参照】に基づき、ビルに集まる1日の貨物量(荷物個数)を算出 [*] 。荷物個数を台車1台当り積載可能個数【表5③参照】で割って、荷物を運び切るためにビル内を台車で何往復するか(往復回数)を算出。
2	ビルの階数から、事業者が館内配送において最大何階まで移動するか(最大移動階数【表5④参照】)を算出。これとエレベータ速度【表5⑤参照】から、1往復当りのエレベータによる往復の移動時間を算出。
3	1の荷物個数をテナント1件当りの荷物受取個数【表5⑥参照】で割って、配送先テナント数を算出。配送先テナント数をビルの階数で割って、1フロア当り配送先テナント数を算出。1往復当りの配送先テナント数【表5⑦参照】を1フロア当り配送先テナント数で割って、台車による1回の配送でいくつのフロアに配送するか(1往復当り配送先フロア数)を算出。
4	3の1往復当り配送先フロア数とエレベータ乗車1回当りの待ち時間等【表5⑧参照】から、1往復回当りのエレベータ待ち時間を算出。2の1往復当りのエレベータ移動時間を足して、1往復当りエレベータ移動・待ち時間を算出。
5	ビルの1フロア当り面積と台車移動速度【表5⑨参照】から1フロア当り移動時間を算出。これに3の1往復当り配送先フロア数を乗じて、1往復当りのフロア移動時間を算出。
6	4の1往復当りエレベータ移動・待ち時間、5の1往復当りのフロア移動時間を合計した所要時間に、1の往復回数を乗じて、館内配送総時間を算出

^{*}: 運送事業者別、時間帯別(9:00~12:00、12:00~15:00)に所要時間を推計するために、1の荷物個数を、運送事業者別、時間帯別に按分。【表5②参照】

表5 数式モデルにおける推計方法・パラメータ設定方法の詳細

項目	推計方法・パラメータ設定方法の詳細
① 貨物集中量(荷物個数)の回帰モデル	表1に示した複数ビルの荷物個数と延床面積のサンプルデータから以下の回帰式を推定。 $Y=161.9X^{0.5637}$ ($R^2=0.424$) ※Y:荷物個数 X:延床面積
② 貨物集中量の到着時間帯構成比、運送事業者別構成比	運送事業者へのヒアリングより、貨物集中量の到着時間帯構成比を(9:00~12:00)8割、(12:00~15:00)2割、(15:00~18:00)0割と設定。大丸有地区の大規模ビルの実績データから、貨物集中量の運送事業者別構成比を大手運送事業者2社がそれぞれ35%ずつ、中規模運送事業者が15%、小規模運送事業者が15%と設定。
③ 台車1台当たり積載可能個数	運送事業者へのヒアリングより、以下の通り設定。 大手運送業者:20個/台車、中・小規模運送事業者:10個/台車
④ 最大移動階数	ビルの階数の約2分の1と仮定。
⑤ エレベータ速度	180m/分と設定。
⑥ テナント1件当りの荷物受取個数	館内共同配送を導入していないビル: 実態調査結果より、テナント1件当りの荷物受取個数3.6(個/件)と設定(※数値は午前中)。 館内共同配送を導入しているビル: 大丸有地区のビルの実績データより、8.8(個/件)と設定(※数値は午前中)。
⑦ 1往復当りの配送先テナント数	③の台車1台当たり荷物個数(個/台)を、⑥の配送先1件当たり荷物個数(個/件)で割って算出。
⑧ エレベータ乗車1回当りの待ち時間等	エレベータ待ち時間、乗降時間・ドア開閉時間の合計とする。 エレベータ待ち時間: エレベータを待つ間、エレベータはビルの階数と同じ距離を移動してくるものと想定し、ビル1階分の高さを4.5mとして、⑤エレベータ速度から所要時間を算出。 乗降時間・ドア開閉時間: 実態調査より、18秒と設定。
⑨ 台車移動速度	瀬尾ら ³⁾ の研究より台車を押す歩行速度を0.5m/秒と設定。

数式モデルによる館内配送総時間の推計は、時間帯別、運送事業者別に行う。時間帯別に推計を行うのは、2.で説明した通り、大規模ビルでは特に午前のピーク時間帯に貨物を時間内に運び切れるかが問題となっていることから、分析において、たとえば午前中のみに着目して館内配送総時間を算出することも可能にするためである。運送事業者へのヒアリング調査から、運送事業者は概ね1日を9:00~12:00、12:00~15:00、15:00~18:00の3つの時間帯に分けて集配送を行っていると考えられるため、この時間帯区分を適用する。また、運送事業者別に推計を行うのは、貨物量が多い大手運送事業者と、貨物量が少ない中小運送事業者とでは、館内配送にかかる所要時間が異なるためである。

数式モデルを用いて、「①館内共同配送を導入していない場合」と「②館内共同配送を導入している場合」でそれぞれ、館内配送総時間を算出し、館内共同配送による効果を分析する。①、②の各ケースでは、表6に示す考え方・前提条件に基づき、所要時間の算出を行うこととする。

表6 館内共同配送の導入有無別の推計の考え方・前提条件

ケース	推計の考え方・前提条件
① 館内共同配送を導入していない場合	運送事業者ごとに貨物を館内配送している状況であるため、「運送事業者別」に館内配送総時間の推計を行う。
② 館内共同配送を導入している場合	館内配送事業者がビルに到着する貨物を一括して館内配送している状況であるため、「運送事業者の区分をなくし、ビルに到着するすべての貨物を1つの事業者が館内配送しているとの前提条件に基づき」、館内配送総時間の推計を行う。

(3) 館内共同配送の導入効果

数式モデルを適用して、大規模ビルの1往復当り平均所要時間、総往復回数、館内配送総時間を算出した(次頁図4)。前項で説明した通り、館内配送総時間は、1往復当り平均所要時間に総往復回数を乗じて算出されるものである。なお、ここでは、1フロア当りの面積が4,000㎡、階数が10階、20階、30階、40階、50階と規模が異なる複数のビルを想定して推計を行った。また、館内共同配送の導入効果を定量的に分析するため、館内共同配送を導入している場合、導入していない場合の2ケースの結

果を示した。

図4からわかることは次の2点である。

1つ目は、高層で延床面積の大きなビルほど、館内配送総時間が大きくなることである。これは、大規模なビルほど、「ビル内の駐車場からビル入居者までの搬送距離が長くなるため、1往復当りの所要時間が長くなる」、「集まる貨物量が多いため、総往復回数(台車で貨物を配送する往復回数)が多くなる」という2つの理由による。この結果は、大規模なビルほど、館内配送にかかる所要時間が大きく、運送事業者の作業負荷が増大することを示唆している。

2つ目は、ビルに館内共同配送を導入すると、ビルの規模によらず館内配送総時間が縮減することである。これは、館内配送事業者が搬入貨物を集約して入居者別に仕分け、同じ入居者・同じフロアの貨物をまとめて配送するため、1往復当りの所要時間、総往復回数がともに減少することによる。この結果は、館内共同配送が館内配送総時間を低下させ、配送の効率性を高める効果を有していることを示唆している。

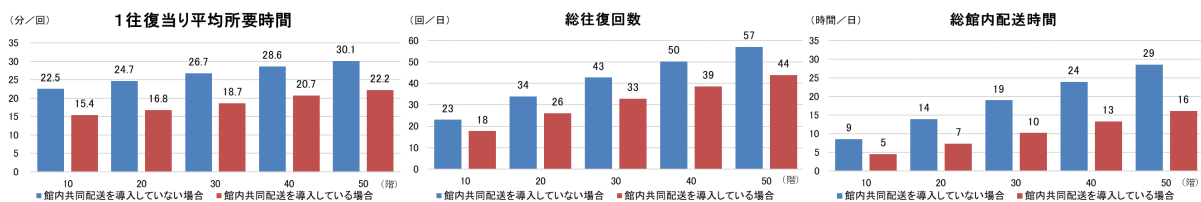


図4 数式モデルによる館内配送にかかる所要時間等の推計結果

(ビル規模別、館内共同配送導入有無別) ※1フロア当り面積が 4,000 m² のビルを想定

4. 館内共同配送の導入基準の検討

2.で説明した運送事業者へのヒアリング調査からわかったように、大規模ビルにおける館内配送の問題の1つに、貨物量の多い大手運送事業者が午前のピーク時間帯において貨物を届けきれず、ビル入居者の貨物の受け取りが遅滞するリスクが生じることが挙げられる。そして、3.で示した数式モデルのシミュレーション結果を考慮すると、この傾向は高層で延床面積の大きなビルほど顕著であると思われる。

そこで、ここでは、「すべての運送事業者が貨物を時間通りにビル入居者に届けることができる」、逆に言えば、「すべてのビル入居者が貨物を時間通りに受け取ることができる」ことが、大規模ビルにおける物流サービスの条件であると考えたときに、現在、遅延の発生が懸念されている大手運送事業者の午前ピーク時(9:00~12:00)の配送について、貨物を時間通りに届けることができないビルの規模がどれくらいか、これらのビルに館内共同配送を導入すると遅延が解消するかを、数式モデルによるシミュレーションを用いて検証した。具体的には、表7に示す複数パターン規模のビルを想定して、「①館内共同配送を導入していない場合」と「②館内共同配送を導入している場合」で館内配送総時間を算出し、①のケースで館内配送総時間が3時間を超える(貨物の到着遅延が発生する)ビルの規模がどれくらいか、②のケースで館内共同配送を導入すると館内配送総時間が3時間以内に収まる(貨物の到着遅延が解消する)かを確認した。

表7 ビル規模のケース設定

項目	ビル規模のケース
1フロア当りの面積	2,000 m ² 、3,000 m ² 、4,000 m ² 、5,000 m ²
階数	10階、20階、30階、40階、50階

表8~9がその結果を整理したものである。表8は、館内共同配送を導入していない場合における、大手運送事業者1社分の午前中(9:00~12:00)の貨物の館内配送総時間、表9は、館内共同配送を導入

している場合における、同じく午前中の貨物の館内配送総時間を表している。

表8からは、館内共同配送を導入していない場合に、延床面積9万㎡以上、かつ、高さ 30 階以上のビル(表中においてハッチをかけた1フロア当り面積、階数のビル)では、貨物量がピークとなる午前において、館内配送総時間が3時間を超え、午前中(9:00～12:00)のうちにすべての貨物をビル入居者に届けきれないことがわかる。表9からは、これらのビルに館内共同配送を導入すると、いずれのビルも3時間以内に貨物が届けられるようになることがわかる。以上の結果から、表8においてハッチをかけた1フロア当り面積、階数の大規模ビルでは、午前ピーク時に宅配貨物の到着遅延を生じさせないためには、館内共同配送を導入する方がよいとの結論が得られる。また、この結果は、ビル管理者が大規模ビルにおいて館内共同配送を導入するか否かを判断する際の基準として参考になるとと思われる。

表8 館内共同配送を導入していない場合

配送時間(時間)	高さ(階)					
	10	20	30	40	50	
基準階 面積(m ²)	2,000	1.0	1.7	2.3	2.8	3.4
	3,000	1.3	2.2	3.0	3.8	4.5
	4,000	1.5	2.5	3.6	4.6	5.5
	5,000	1.7	2.8	4.0	5.2	6.5

表9 館内共同配送を導入している場合

配送時間(時間)	高さ(階)					
	10	20	30	40	50	
基準階 面積(m ²)	2,000	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1
	3,000	0.4	0.6	0.9	1.1	1.4
	4,000	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6
	5,000	0.6	0.9	1.2	1.5	1.9

※表8: 大手運送事業者1社の配送員1人当りの館内配送総時間(午前中)。大手運送事業者1社の配送員は1名と想定。

※表9: 館内共同配送を導入したビルの配送員1人当りの館内配送総時間(午前中)。運送事業者へのヒアリング調査結果に基づき館内共同配送に従事する配送員は6名と想定。

5. おわりに

本稿は、大手町・丸の内・有楽町地区駐車環境対策協議会が大丸有地区のビルを念頭におき都心の大規模ビルの館内配送の効率化・省人化を実現するための取組として近年注目されている「館内共同配送」について、その導入効果や導入すべきビルの規模要件を検討した成果をとりまとめたものである。

本稿での分析に適用した館内配送総時間の推計モデルは、大丸有地区のいくつかのビルを対象に実施した実態調査や、運送事業者へのヒアリング調査などで得られたデータや情報をもとに構築している。物流を巡る状況は近年目まぐるしく変化していることから、モデルのパラメータの妥当性は今後も引き続きの検証が必要と考えられる。

本稿では、館内共同配送の導入効果として、午前のピーク時間帯における宅配貨物の到着遅延リスクの低減効果に着目した。しかし、運送事業者へのヒアリング調査からは、これ以外の効果の存在も指摘されている。たとえば、ビル管理者の立場からは「ビル内のセキュリティ向上」、「建物の損傷軽減」といった効果があると言われている。また、館内共同配送のメリットを享受するのは、貨物量の多い大手運送事業者だけでなく、中小運送事業者も「配送効率の向上」の効果があると考えられる。館内共同配送の導入にあたってはこれらの効果も考慮した総合的な判断が重要である。加えて、本稿では取り扱っていないコスト面(運送事業者が館内配送事業者を支払う料金など)を考慮した検討も重要である。

【参考文献】

- 1) 物流を考慮した建築物の設計・運用について～大規模建築物に係る物流の円滑化の手引き～,国土交通省,2017
- 2) 大丸有地区における物流の取組み: 白根哲也,大手町・丸の内・有楽町地区駐車環境対策協議会,2019
- 3) 台車押し作業の条件と作業負荷: 瀬尾明彦,日下幸則,産業衛生学雑誌 44 巻, 2002